

**GESTIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN LAS  
OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE TIPO URBANÍSTICO UTILIZANDO COMO  
HERREMIENTA TECNOLÓGICA DE AYUDA LOS SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**GIOVANNA VANESSA CARCAMO MEOLA**



**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL NORTE  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL  
MAESTRIA DE INGENIERÍA CIVIL  
BARRANQUILLA, SEPTIEMBRE DE 2008**

**GESTIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS EN LAS  
OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE TIPO URBANÍSTICO UTILIZANDO COMO  
HERREMIENTA TECNOLÓGICA DE AYUDA LOS SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Proyecto de investigación como requisito para optar  
al título de Magister en Ingeniería civil

DIRECTOR

Ing. AUGUSTO SISA



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL NORTE  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL  
MAESTRIA DE INGENIERÍA CIVIL  
BARRANQUILLA, SEPTIEMBRE DE 2008

## **Nota de Aceptación**

---

**Ing. Augusto Sisa**

**Director del proyecto**

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 .....	4
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.1 ANTECEDENTES .....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	11
1.3.1 Justificación Teórica.....	11
1.3.2 Justificación Práctica .....	11
1.3.3 Justificación Personal .....	12
1.4 OBJETIVOS .....	12
1.4.1 Objetivo general .....	12
1.4.2 Objetivos Específicos .....	12
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	13
1.5.1 Alcances.....	13
1.5.2 Limitaciones .....	13
 CAPÍTULO 2 .....	15
2 RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	16
2.1 DEFINICIONES .....	16
2.2 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN .....	17
2.2.1 Principio de las 3 R's.....	18
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	21
2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN: COMPOSICIÓN Y CANTIDAD .....	23
 CAPÍTULO 3 .....	26
3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	27
3.1 ANTECEDENTES .....	27
3.2 DEFINICIÓN DEL SIG .....	28
3.3 COMPONENTES DE UN SIG .....	29
3.4 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG.....	31
3.5 APLICACIONES DEL SIG .....	33
3.6 APLICACIONES DEL GIS AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN .....	36
 CAPÍTULO 4 .....	40
4 NORMATIVA LEGAL.....	41
4.1 NACIONAL.....	41
4.2 REGIONAL .....	42

CAPÍTULO 5 .....	44
5 METODOLOGÍA.....	45
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DE LA OBRA .....	45
5.2 TIPO DE ESTUDIO .....	46
5.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	47
5.3.1 Revisión de la Literatura.....	47
5.3.2 Recolección de la Información .....	47
5.4 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS .....	54
5.5 TEORÍA DEL MUESTREO .....	61
5.6 RESULTADO DE LA ENCUESTA .....	64
 CAPÍTULO 6 .....	 72
6 RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	73
6.1 METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	82
6.1.1 Plan de Gestión de residuos de Construcción y Demolición.....	83
 CAPÍTULO 7 .....	 86
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
7.1 CONCLUSIONES .....	87
7.2 RECOMENDACIONES.....	89
 BIBLIOGRAFÍA.....	 90
 ANEXOS.....	 97

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Origen de los Residuos .....	23
Tabla 2-2. Cantidad de Residuos de Construcción generados en Europa y E.E.U.U. ....	25
Tabla 5-1. Desperdicio del Cemento en Kilos durante los meses de estudio. ....	48
Tabla 5-2. Desperdicio del Geotextil en Kilos durante los meses de estudio. ....	48
Tabla 5-3. Desperdicio del Ladrillo Tolete en Kilos durante los meses de estudio. ....	48
Tabla 5-4. Desperdicio de las Tuberías en Kilos durante los meses de estudio. ....	49
Tabla 5-5. Desperdicio de las Varillas en Kilos durante los meses de estudio. ....	49
Tabla 5-6. Desperdicio del alambre en Kilos durante los meses de estudio. ....	49
Tabla 5-7. Distribución porcentual de desperdicios de acuerdo al peso de cada material. ..	49
Tabla 5-8. Cálculo de la densidad de cada material .....	51
Tabla 5-9. Desperdicio del alambre en m3 durante los meses de estudio. ....	51
Tabla 5-10. Desperdicio del geotextil en m3 durante los meses de estudio. ....	51
Tabla 5-11. Desperdicio del ladrillo tolete en m3 durante los meses de estudio. ....	51
Tabla 5-12. Desperdicio de la tubería en m3 durante los meses de estudio. ....	52
Tabla 5-13. Desperdicio de las varillas en m3 durante los meses de estudio. ....	52
Tabla 5-14. Desperdicio del alambres en m3 durante los meses de estudio. ....	52
Tabla 5-15. Distribución porcentual de desperdicios de acuerdo al volumen de cada material .....	52
Tabla 5-16. Análisis de Varianza para prueba piloto .....	63
Tabla 5-17. Ubicación del Almacén con respecto a la salida. ....	64
Tabla 5-18. Ubicación del Almacén con respecto al lugar de construcción.....	65
Tabla 5-19. Ubicación del Almacén con respecto a drenajes temporales. ....	66
Tabla 5-20. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Ubicación del almacén. ....	67
Tabla 5-21. Ubicación del almacén dentro de la Obra. ....	67
Tabla 5-22. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Salida de la Obra. ....	68
Tabla 5-23. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto al lugar de construcción.....	69
Tabla 5-24. Ubicación del Sitio de disposición de escombros dentro de la Obra. ....	70
Tabla 6-1. Índice de generación Ic por categoría de residuos. ....	73
Tabla 6-2. Índice de generación Iv por categoría de residuos. ....	73

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Crecimiento económico por Sectores .....	6
Figura 2-1. Cuadro que representa las alternativas para el manejo de los Residuos Sólidos	20
Figura 5-1. Distribución porcentual de desperdicios de cada material de acuerdo a su peso. .....	50
Figura 5-2. Distribución porcentual de desperdicios de cada material de acuerdo a su volumen. ....	53
Figura 5-3. Distribución de utilización del Cemento gris en el mes de mayo en la Obra Barcelona. ....	53
Figura 5-4. Tema en ArcView que reúne la utilización del Cemento Gris en el mes de Mayo en la Obra Barcelona. ....	54
Figura 5-5. Base de datos asociada a cada elemento. ....	55
Figura 5-6. Localización del proyecto dentro de la ciudad de Barranquilla. ....	55
Figura 5-7. Zoom del Proyecto Obra Barcelona. ....	56
Figura 5-8. Tema que reúne la utilización del Cemento Gris en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	57
Figura 5-9. Tema que reúne la utilización del Ladrillo tolete en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	57
Figura 5-10. Tema que reúne la utilización del Geotextil en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	58
Figura 5-11. Tema que reúne la utilización de las Tuberías en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	58
Figura 5-12. Tema que reúne la utilización de las Varillas en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	59
Figura 5-13. Tema que reúne la utilización del Alambre en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona. ....	59
Figura 5-14. Ubicación del Almacén con respecto a la salida. ....	65
Figura 5-15. Ubicación del Almacén con respecto al lugar de construcción. ....	66
Figura 5-16. Ubicación del Almacén con respecto a drenajes temporales. ....	66
Figura 5-17. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Ubicación del almacén. ....	67
Figura 5-18. Ubicación del almacén dentro de la Obra. ....	68
Figura 5-19. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Salida de la Obra. ....	69
Figura 5-20. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto al lugar de construcción. ....	70
Figura 5-21. Ubicación del Sitio de disposición de escombros dentro de la Obra. ....	71
Figura 6-1. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Mayo. ....	74
Figura 6-2. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Junio. ....	75
Figura 6-3. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Julio. ....	76
Figura 6-4. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Agosto. ....	76
Figura 6-5. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Septiembre. .	76
Figura 6-6. Localización óptima del Almacén. ....	78

Figura 6-7. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Mayo.....	79
Figura 6-10.Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Agosto. ....	80
Figura 6-11. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Septiembre.....	81
Figura 6-12. Localización óptima del sitio de disposición de escombros.....	82



# **CAPÍTULO 1**

# 1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1 ANTECEDENTES

La industria de la construcción es uno de los sectores mas importantes y estratégicos para el desarrollo de un país. Es considerada como una actividad en constante desarrollo y dinámica pues se encarga de la creación de infraestructura básica como puentes, carreteras, puertos, vías férreas, plantas de energía eléctrica, hidroeléctrica y termoeléctrica, así como sus correspondientes líneas de transmisión y distribución, presas, obras de irrigación, construcciones industriales y comerciales y obras de edificación no residencial, entre otras. Así mismo, se encarga de la satisfacción de necesidades humanas, entre las que destacan servicios de suministro de agua potable, instalaciones de saneamiento, drenaje, pavimentación, obras de vivienda, hospitales y escuelas.

A comienzos del siglo XXI, se mantenía una imagen mala del sector de la construcción, era considerado como un sector de baja tecnología y como un sector corrupto, pues no se mantienen los acuerdos en cuanto al precio. La principal razón para hacer estas observaciones sobre el sector, esta relacionada con la forma de contratación de la fuerza de trabajo<sup>1</sup>.

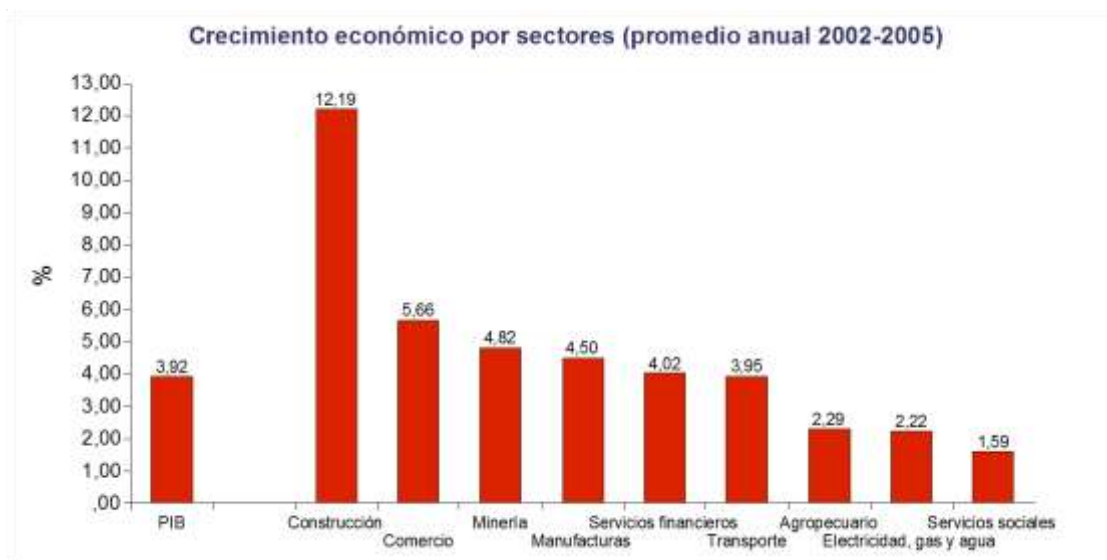
Muchos trabajadores de la construcción piensan que las condiciones de empleo han sido siempre malas, mientras que para otros, las condiciones se han deteriorado en los últimos 30 años, debido a que esta industria fue la primera en adoptar medidas flexibles en los sistemas de contratación. La contratación de los trabajadores a través de subcontratistas y de otros intermediarios ha tenido una profunda influencia en la seguridad y en la salud de los trabajadores, lo cual deteriora también la imagen de esta industria.

En Colombia, éste sector se ha visto afectado por los ciclos económicos que ha vivido el país en los últimos tiempos, es así, como experimentó un período de bonanza entre 1940 y 1976, y períodos de crisis entre 1982 - 1988 y de 1995 – 2003 debido a la recesión ocurrida durante éstos años en los cuales fue un sector prácticamente inactivo. Sin embargo, la economía colombiana está pasando por un buen momento y entre el 2002 y el 2005, la economía general del país ha crecido en un promedio del 3.9% anual y ha sido precisamente la construcción, el sector mas dinámico presentando un crecimiento del 12,2% logrando consolidarse hasta el presente como un sector estable.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. *La Industria de la Construcción en el siglo XXI, su imagen, sus perspectivas de empleo y necesidades en materia de calificaciones*. Ginebra 2001

<sup>2</sup> Fuente DANE



**Figura 1-1. Crecimiento económico por Sectores<sup>3</sup>**

Debido a esto, ha tenido un desarrollo acelerado en los últimos años y genera una gran cantidad de consumo de recursos por un lado y por el otro una importante producción de residuos, los cuales tienen una gestión realmente desconocida y descontrolada en la mayoría de los países, entre ellos Colombia, donde es muy común la disposición incontrolada en lugares inapropiados cerca del sitio de generación, o en el mejor de los casos en vertederos sin control.

En general, es reconocido que estos residuos presentan bajo riesgo a la salud humana y al ambiente, en relación a los residuos sólidos municipales, sin embargo, la problemática fundamental de gestión y disposición de los mismos se refiere a su gran volumen, y por lo tanto, a los costos de transporte y al espacio necesario disponible que ello implica. No obstante, se debe considerar una fracción muy reducida de residuos peligrosos en su composición que habrá que gestionar adecuadamente a fin de prevenir daños ambientales.

De esta manera, la necesidad de convertir la construcción en una actividad sustentable, se ha ido generalizando poco a poco y no solo los países más industrializados, sino también otros países con prioridades diferentes se han preocupado por la cantidad de residuos sólidos provenientes de esta actividad, así como por buscar las alternativas para disminuir la generación de éstos y establecer las acciones necesarias para la disposición ambientalmente adecuada de estos escombros, de tal forma que no interfieran con las actividades propias de las construcciones y con la salud de las personas por encontrarse en lugares cercanos a las zonas de disposición.

Desafortunadamente, las empresas constructoras concentran su atención en la eficiente realización de los proyectos para lograr la satisfacción del cliente, pero se olvidan de

<sup>3</sup> Fuente DANE

establecer estrategias para la minimización de los residuos de la construcción. Es cierto, que el manejo de los materiales y de los residuos debe estar a cargo del Ingeniero residente de la obra, pero éste debe además ocuparse de otras actividades, por lo tanto llevar el control de los materiales y los residuos por algún método convencional, lo cual es una tarea dispendiosa. En este caso, pueden jugar un papel muy importante, los Sistemas de Información Geográfica, ya que gracias a ellos, pueden realizarse muchos análisis de una forma mas sencilla y los resultados que se obtienen permiten tomar decisiones importantes para el manejo de la obras de construcción en este caso.

En lo que se refiere al sector de la construcción, son muchas las aplicaciones que se han realizado, sin embargo cabe resaltar que todas las aplicaciones han sido a gran escala, en grandes áreas pero los resultados que se han obtenido siempre han sido de gran utilidad. Así mismo, aunque los Sistemas de Información Geográfica se vienen utilizando desde aproximadamente los años 80's, sólo hasta hace pocos años se tiene conocimiento de su utilización en el sector de la construcción.

En el 2004<sup>4</sup>, debido a la gran cantidad de residuos producidos por la actividad de la construcción en Hong Kong, investigadores se propusieron establecer una metodología que les permitiera lograr una reducción en los residuos producidos por la construcción. Para esto, trabajaron integradamente la tecnología de los Sistemas de Información geográfica y de los Sistemas de Posicionamiento Global, lo cual permite tener actualizada la información con respecto a la cantidad de materiales que se encuentran en la obra, cuales se han gastado y cuales son los residuos dependiendo de la actividad en la cual son empleados. Con los resultados obtenidos de este análisis se les proporciona algún incentivo a los trabajadores ya que investigaciones previas demostraron que la actitud y el entusiasmo con el cual trabajaban era un factor determinante en la producción de residuos de construcción.

En el mismo año, en los Estados Unidos<sup>5</sup>, también se hizo uso de los Sistemas de Información Geográfica para establecer relaciones espaciales entre los sitios de reciclaje de agregado para poder minimizar los residuos y la utilización de recursos naturales mediante el aprovechamiento de materiales reciclados, debido a que cada vez será mas grande la demanda del agregado por el incremento en el sector de la construcción. Este modelo además, permite medir las redes de transporte existentes entre los sitios de reciclaje de agregados, la distribución de la población y los sitios de producción natural de agregados. En este estudio se tuvieron en cuenta el pavimento proveniente del asfalto (RAP) y el concreto proveniente del Cemento Portland (RPCC) que son considerados los substitutos más abundantes del agregado natural en áreas urbanas.

---

<sup>4</sup> Heng Li, Zhen Chen, Liang Yong y Stephen Kong. *Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency*. Automation in Construction, Año 2005, Vol 14, Pág 323-331.

<sup>5</sup> Gilpin Robinson y Katherine Kapo. *A GIS analysis of suitability for construction aggregate recycling sites using regional transportation network and population density features*. Resources, Conservation and Recycling, Año 2004, Vol 42, Pág 351-365.

En el año siguiente, en el 2005<sup>6</sup>, se pudo demostrar que los Sistemas de Información Geográfica también podían ser utilizados en el estudio de las construcciones rurales para verificar su reutilización, pues si bien es cierto, las grandes construcciones pueden verse en imágenes digitales sin ningún problema pero las construcciones pequeñas o rodeadas de vegetación, es difícil identificarlas y por eso se hace necesario realizar algún tratamiento a la imagen satelital y aquí es donde juega un papel importante los Sistemas de Información Geográfica.

Además, en el 2006<sup>7</sup> se probó la eficiencia de los SIG para el análisis medioambiental, el análisis de la seguridad y el control de calidad para las diferentes actividades realizadas en las obras de construcción. Los proyectos de construcción tienen mucha información disponible y para facilitar su manejo y realizar análisis se utilizan los SIG. Entre la información disponible, se encuentran todas las actividades a realizar en la obra, los materiales necesarios, los equipos utilizados, la seguridad necesaria y las recomendaciones de control de calidad para las actividades.

Toda esta información fue almacenada en el SIG mediante la utilización de tablas y a partir de ellas empezaron a establecerse relaciones que podrán ser aplicadas para cualquier proyecto de construcción de características similares.

También a finales del 2005 y principios del 2006<sup>8</sup>, fue desarrollada una base de datos de materiales y residuos de construcción que permitiera emitir conclusiones y recomendaciones con respecto a su localización en las obras de construcción. Fueron estudiados los materiales mas utilizados en las obras como son la madera, el acero, el cemento, el agregado fino y el grueso, entre otros. Con estos análisis se emiten conclusiones como por ejemplo que tan lejos debe estar el sitio de disposición de escombros del sitio de almacenamiento de materiales o de las oficinas administrativas o de la casa modelo, etc.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todas las actividades que realiza el ser humano, tienden a degradar el medio ambiente en diferentes proporciones, o afectarlo de una u otra forma. La construcción es considerada como una actividad en constante desarrollo y así mismo se considera que produce un fuerte impacto al medio ambiente dentro de todas sus etapas, desde la obtención de materias

---

<sup>6</sup> Armesto Gonzalez, Julia; Gil Decampo, M Luz y Cañas Guerrero, Ignacio. *The application of new technologies in construction: Inventory and characterisation of rural constructions using the Ikonos satellite image*. Building and environment, Año 2006, Vol 41, Pág 174 – 183.

<sup>7</sup> V.K. Bansal y M. Pal. *GIS based projects information system for construction management*. Building and Housing, Año 2006, Vol 7 No 2, Pág 115-224.

<sup>8</sup> Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Año 2006, Pag 126.

primas y la fabricación de productos, hasta la ejecución de obras y el uso posterior de los inmuebles, valorando el impacto de la energía que se consume y los residuos que se generan.<sup>9</sup> El problema de la generación y manejo de los escombros o residuos en las obras de construcción, está muy relacionado con los procesos constructivos utilizados, las prácticas ambientales en las obras y toda la revolución urbana de los últimos tiempos.

A lo largo del tiempo, se ha podido identificar que existe muy poca sensibilidad o sencillamente no existe conciencia con respecto a los asuntos ambientales por parte de los profesionales de la construcción en lo que se refiere al tema de la minimización y reducción de los escombros producidos en las actividades de la construcción. Es por esto, que muchas empresas del sector, durante muchos años, han desarrollado sus proyectos con base en los planos y en las especificaciones técnicas y constructivas dadas por los diseñadores, dejando a un lado prácticas ambientales adecuadas que permitan obtener una reducción y/o minimización de los residuos producidos en cada actividad.

Cabe resaltar, que el sector de la construcción es un sector poco exigente con respecto a las regulaciones ambientales, es decir, hasta hace muy pocos años no existían regulaciones que obligaran o incitaran a las empresas constructoras a implantar Sistemas de Gestión Ambiental en las obras y lograr así el manejo de los escombros. Además, los profesionales de este sector no se encuentran preparados en aspectos ambientales y en el manejo de residuos sólidos, y en lo que se refiere a la mano de obra la situación es aún mas crítica, pues son personas de bajos recursos económicos y con bajos niveles de educación, que han adquirido sus conocimientos sólo con la experiencia y por lo tanto tampoco tienen en cuenta el manejo de los escombros.

Es claro, que el incremento de la demanda y de la oferta de edificaciones e infraestructura, implica un incremento en la producción de escombros que sumado a la carencia de un plan de manejo de éstos, desenlaza en un problema ambiental de grandes proporciones. Es así como debido a la magnitud de los desequilibrios ambientales que sufre el mundo entero, es necesario, actuar con decisión y rapidez para garantizar que el desarrollo pueda responder a las necesidades actuales, sin comprometer el futuro de las generaciones venideras.

Es necesario tener en cuenta que, si bien en general los residuos que provienen de la construcción y/o demolición de edificios no son tóxicos, su volumen es considerable, produciendo contaminación visual y la rápida colmatación de vertederos de cualquier tipo.<sup>10</sup>

Por todas estas razones, es que en algunos países como Europa y EE.UU ya han establecido legislaciones ambientales para el manejo de los residuos de las obras de construcción. Sin embargo, en países como el nuestro la situación todavía es muy diferente, pues hasta hace

---

<sup>9</sup> Glinka, María E; Vedoya, Daniel E; Pilar de Salazar, Claudia A. *Reducción del Impacto ambiental a partir de estrategias de Reciclaje y Reutilización de residuos sólidos provenientes de la demolición de edificios*. Universidad Nacional del Nordeste, 2005, Pag 4.

<sup>10</sup> Idem 2.

pocos años es que se han empezado a establecer leyes que regulen el manejo de los residuos sólidos domésticos en general pero no se han preocupado aún por los residuos producidos en la construcción cuyo volumen es bastante elevado.

Por la presente situación, se ha empezado a investigar y a utilizar diferentes herramientas o estrategias que permitan controlar o mitigar el impacto producido por las actividades diarias para lograr el desarrollo sostenible, por lo cual son muy importantes todas las actividades recicladoras que puedan llevarse a cabo.

En la recuperación y reciclado de residuos de construcción y demolición un aspecto fundamental a tener en cuenta, es el hecho de que concurren intereses económicos y medioambientales en el mismo punto<sup>11</sup>, ya que la recuperación de ciertos materiales en las obras de construcción puede permitir crear un mercado de productos que por haber sido utilizados anteriormente puedan resultar más económicos.

Anteriormente cuando se pensaba en acciones para minimizar los residuos o las emisiones generados por ciertas actividades, lo primero que se pensaba era en la sustitución de los materiales, por aquellos que causaran menor impacto ambiental o la sustitución de los equipos obsoletos lo cual en actividades como la construcción, la adopción de éstas medidas representa una inversión muy elevada. Así, se dejaba de lado la posibilidad de reducir los impactos generados a través de medidas más simples y sencillas como la organización de las actividades y de los trabajadores para hacer más eficiente el trabajo desde todo punto de vista. Sin embargo, en los últimos años, éstas medidas y la elaboración de planes de Gestión interna de los residuos de construcción y demolición han empezado a cobrar importancia debido a su poca inversión y debido a la situación alarmante de deterioro ambiental.

Para facilitar el uso de estas medidas, encontramos los Sistemas de Información Geográfica, que han adquirido importancia alrededor de todo el mundo desde los años 80's, ya que permiten realizar análisis desde el punto de vista ambiental.

También la industria de la construcción, consciente de que no es ajena a esta situación, ya que debido a su rápido crecimiento en los últimos años, es una actividad que genera gran cantidad de escombros, lo cual preocupa a los constructores, quienes han pensado en encontrar soluciones o ayudas al manejo inadecuado de los escombros mediante la utilización de los SIG.

Así, con la aplicación del SIG en el Proyecto Conjunto Residencial Barcelona, se espera analizar la situación del manejo de los materiales y de la generación de los residuos de la construcción desde que empezó la obra hasta el quinto mes, logrando identificar cual es el lugar mas adecuado para el almacenamiento de los materiales dependiendo de las actividades que se realicen en la obra, el lugar mas adecuado para localizar la zona de

---

<sup>11</sup> Natalini, Mario B; Klees, Delia R; Tirner, Jirina. *Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición*. Universidad Nacional de Nordeste, 2000, Pág. 5.

disposición de los residuos, de tal manera que no se afecten las actividades diarias y el normal desarrollo de la obra y la salud de las personas. Además, se espera poder dejar planteada una metodología para el manejo de los residuos que sirva de guía para obras de construcción de tipo urbanístico.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Justificación Teórica**

Hoy por hoy se sabe con claridad que la industria de la construcción demanda grandes volúmenes de residuos y por esta misma razón es una de las mayores productoras de residuos sólidos y de contaminación en el país. Todos los actores de la economía de este sector, han empezado a preocuparse por la gran cantidad de residuos generados y por establecer cambios radicales en la forma en la cual elaboran sus productos y/o venden sus servicios, para mejorar la calidad del entorno.

La investigación se realizará debido a que la situación sobre el manejo de los escombros es aun incipiente, pues no se cuenta con las herramientas necesarias que permitan evaluar el desarrollo de las actividades y evaluar la calidad de los materiales empleados, los rendimientos de los materiales y de los trabajadores y la cantidad de residuos generados. De esta manera, este proyecto de investigación, surgió para establecer y proporcionar una alternativa al manejo de los residuos sólidos en las obras de construcción, ya que este ha sido un aspecto descuidado durante mucho tiempo y su generación ha sido descontrolada produciéndose una gran contaminación al ambiente.

Además, la investigación permitirá conocer un poco sobre los Sistemas de Información geográfica, sus aplicaciones, su desarrollo a lo largo del tiempo y reconocer su gran utilidad para el estudio del medio ambiente. También se podrá profundizar los conocimientos en lo que se refiere a los residuos sólidos, los tipos y cantidades generados por las actividades de construcción y demolición de estructuras, el manejo actual de éstos y las posibles alternativas para lograr un manejo ambientalmente adecuado.

### **1.3.2 Justificación Práctica**

A raíz del cambio climático, del calentamiento global y de todos los demás problemas ambientales, las empresas han visto como una necesidad ambiental el manejo de los residuos, lo cual les permitirá darse a conocer nacional y mundialmente y poder competir con firmeza en otros países. Además, para las empresas también será mucho mejor conseguir las medidas para el manejo de los residuos, que tener que pagar multas por los



residuos generados, debido a que la legislación ambiental cada día es más exigente en este sentido.

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para el manejo de los residuos sólidos generados en el sector de la construcción, permitirá que las empresas de este sector, cuenten con una herramienta que les facilite el estudio del comportamiento de los materiales para la generación de residuos, poder fácilmente obtener conclusiones y establecer medidas prácticas para su manejo.

### **1.3.3 Justificación Personal**

Con la realización de esta investigación se quiere mostrar lo importante y lo relevante que es estudiar los problemas existentes y aportar beneficios a la sociedad y a la formación profesional. Se quiere y se espera que esta investigación pueda servir como base y fuente de información para nuevas investigaciones tanto para estudiantes de la universidad como para cualquier persona externa que se encuentre interesada en este tema.

Lo que se pretende, es poder aplicar todos los conceptos teóricos aprendidos sobre los Sistemas de Información Geográfica y la Gestión Integral de los residuos sólidos, para contribuir de esta manera al desarrollo sostenible y a la mejora continua de la empresas del sector de la construcción y en general de cualquier otra empresa a la cual pueda aplicarse la misma metodología.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Proponer una metodología para la gestión interna de los residuos de construcción y demolición mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Utilizar un Sistema de Información Geográfica para desarrollar una base de datos de los residuos sólidos y / o desperdicios generados en una obra de construcción.
- Analizar la capacidad de los Sistemas de Información Geográfica para establecer decisiones en cuanto a la disposición de los residuos sólidos en obras de construcción.
- Establecer condiciones y recomendaciones para la disposición adecuada de los residuos sólidos en las obras de construcción mediante la Producción mas Limpia.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

La presente investigación, se concentra en el estudio de los residuos sólidos generados en una obra de construcción en la ciudad de Barranquilla, en las mediciones realizadas en campo y en la aplicación del sistema de información geográfica ArcGIS, con el fin de obtener toda la información disponible sobre la cantidad y las características de los materiales que se utilizan, la cantidad de residuos que se generan y la disposición que se les brinda a éstos tanto en la obra como fuera de ella.

Además, la recolección de toda esta información, permite crear una base de datos espacial que contenga los materiales utilizados en la construcción y al mismo tiempo los residuos generados provenientes de cada actividad en la obra.

Así mismo, se puede crear un sistema de manejo totalmente actualizado de los materiales de construcción y de los residuos generados. Éste, permite realizar un análisis básico de los materiales y de los residuos obteniendo predicciones y recomendaciones que serán de gran utilidad para el manejo de los residuos en las obras de construcción.

Por último, se espera que la metodología planteada sobre la gestión interna de los residuos sólidos pueda ser llevada a cabo por obras similares a la estudiada y que la implementación del GIS se convierta en una herramienta básica que ayude a promover el manejo de los materiales de construcción y de los residuos ya que los métodos convencionales resultaría muy agotador e ineficiente el trabajo.

### **1.5.2 Limitaciones**

En primer lugar puede considerarse como una limitación, la falta de información sobre planes de gestión de residuos sólidos de construcción en todo el mundo y en especial en Colombia, teniendo en cuenta también la falta de normativas que regulen su gestión. Además, puede considerarse como una limitación, la falta de información con respecto a la cantidad y tipo de residuos generados en la misma actividad, ya que tampoco han sido tenidos en cuenta.

El hecho de haber utilizado el SIG ArcGIS, puede verse como una limitación, ya que es posible que existan otros programas que permitan realizar análisis más profundos. Sin embargo, fue utilizado éste debido a que es el SIG que pudo adquirirse con facilidad.

También puede considerarse como una limitación el hecho de que el SIG fue aplicado para el análisis ambiental de un sector en particular, específicamente el sector de la construcción y para un tipo de obra en particular, por lo tanto los resultados aquí obtenidos son aplicables sólo para empresas relacionadas con esta actividad económica. Además, el SIG sólo fue aplicado para una obra en particular y la información necesaria para este análisis corresponde específicamente a la obra en estudio y con la simple manipulación de esta información no podrá hacerse un análisis similar para otras obras ya que cada una, tiene sus propias características, sin embargo, cabe resaltar que lo que si se podrá aplicar fácilmente a otras obras son las conclusiones que se obtienen con respecto al manejo de los residuos sólidos.

Por otro lado, sólo fueron utilizados para el estudio una lista muy reducida de materiales quedando otros por fuera del estudio. Esto se debe principalmente a que se trabajó únicamente con los materiales más representativos y necesarios para realizar las actividades que corresponden a la empresa constructora en estudio.

Adicionalmente, cuando se realiza este tipo de estudios, donde es necesaria toda la información que pueda brindar la empresa sobre el manejo de los materiales, puede convertirse en una limitante el grado de disposición que puedan tener la empresa para proporcionar la información y el tiempo que se tarden en hacerlo, ya que esto será un factor directamente influyente en el tiempo de finalización del proyecto.

También puede considerarse como una limitación, la fuente de información para formar la base de datos, ya que toda la información se obtuvo por medio de las remisiones de entrada y salida de materiales proporcionadas por el almacenista de la obra. De esta manera, es muy posible que no sean utilizados todos los materiales que salen del almacén o que las actividades en las cuales se hayan utilizado no hayan sido las mismas que se dijeron cuando se sacaron los materiales del almacén.

# **CAPÍTULO 2**

## 2 RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

### 2.1 DEFINICIONES

**Residuo sólido:** En 1989, La “Environmental Protection Agency (EPA)” de los Estados Unidos define residuo sólido como cualquier basura, desperdicio, lodo de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y otros materiales sólidos de desechos resultantes de las actividades industriales, comerciales, agricultura, y de la comunidad. No incluye sólidos o materiales disueltos en las aguas de los canales de descarga de la irrigación, ni otros contaminantes comunes en el agua”.

**Residuos de Construcción y Demolición:** es el material residual que se produce en procesos de construcción, renovación o demolición de estructuras. También algunas legislaciones incluyen los que resultan de desastres naturales o tecnológicos. Los componentes típicos incluyen hormigón, asfalto, madera, metales, yeso, cerámicos o baldosas, tejas, adobes, ladrillos.

**Generación de Residuos:** es la actividad de producción de todos los materiales que forman parte del sistema de manejo de residuos de la construcción, renovación y demolición de estructuras, antes de la recuperación o combustión en el lugar. Actividades de reducción en la fuente tienen lugar más allá de la generación.

**Recuperación:** actividad que consiste en la separación de materiales desde el flujo de residuos para propósitos de valorización de los mismos.

**Valorización:** actividad que consiste en el aprovechamiento material o energético de un material residual. Comprende la reutilización, el reciclaje y la recuperación energética.

**Reducción en la fuente:** actividad que reduce la cantidad o toxicidad de los residuos antes de entrar al sistema de manejo de los mismos.

**Reuso o reutilización:** es una actividad de valorización que involucra la reaplicación de un material de modo que mantiene su forma e identidad original. Ej. Puertas, ladrillos usados.

**Reciclaje:** actividad que incorpora a los residuos en un proceso en el que el material residual requerirá ser tratado, y luego sometido a un nuevo proceso de elaboración junto con otros insumos.

## **2.2 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

Durante muchos años, la generación de los residuos ha sido descontrolada en todos los campos, pues las personas no se preocupaban por su generación y mucho menos por su manejo adecuado, y a esto se le suma el hecho de que se carecía de una normativa que regulara su generación para así evitar sanciones. Debido a los graves problemas medioambientales que se tienen actualmente, ha surgido la necesidad de programar muy bien las actividades que se realizan para así controlar los residuos que se generan y poder cumplir con las legislaciones que han aparecido recientemente.

El creciente desarrollo del sector de la construcción, genera al mismo tiempo un aumento de la producción de residuos sólidos provenientes de las actividades propias de este sector. El volumen de residuos generados, provoca cierta preocupación y por esto su manejo es cada vez más importante debido a los graves problemas de contaminación que se presentan en todo el mundo. Es así, como cada día son más los interesados en brindar un manejo ambientalmente adecuado a los residuos que producen y la industria de la construcción no es ajena a esta situación preocupándose por buscar siempre las mejores soluciones.

Anteriormente, las empresas constructoras solo se preocupaban por realizar rápidamente sus actividades para entregar lo más pronto posible los proyectos y no tenían en cuenta los impactos que causaban al ambiente con el tratamiento dado a los escombros. Las constructoras, simplemente retiraban el material de las obras y lo colocaban sin ningún control en vertederos asignados que se colmataban rápidamente debido a la cantidad de escombros. Hoy, conscientes de la situación han empezado a tomar medidas simples que les permiten dar un manejo adecuado a los escombros tanto en el lugar de la obra como fuera de ella. De esta manera, se ha podido demostrar que el hecho de brindar un manejo a los residuos generados en la construcción, genera muchos beneficios para las empresas, pues realza las operaciones del constructor y mejora ante la sociedad, los clientes y las entidades medioambientales su imagen.

Además, se ha demostrado que el manejo de los residuos de construcción proporciona otros beneficios. Uno de ellos puede verse en la reducción de los costos de disposición, que aunque ésta no representa mucho dinero, si se brinda un buen manejo a los residuos y se reciclan otros, se puede fácilmente reducir los costos de disposición.

Así mismo, es evidente que en una construcción se paga dos veces por un material, una vez cuando llega a la obra para darle el uso original y la otra cuando debe pagarse por su disposición. Por otro lado, si se manejan adecuadamente los residuos podría mejorarse también la eficiencia en los trabajos, ya que no sería necesaria una persona que se encargara de la disposición de los residuos, sino que podría utilizarse para realizar otra actividad que favorezca el avance de la obra. Así mismo, reciclar materiales de construcción permite conservar los recursos naturales y evitar mayor contaminación en los sitios de disposición. Y también el manejo de los residuos de la construcción permitirá a los constructores tomar crédito por sus trabajos y lograr una distinción en el mercado lo cual facilitará sus ventas.

Se debe tener en cuenta que el manejo de los residuos, es muy diferente de un país a otro dependiendo de las normativas que rigen para cada uno. Sin embargo, se puede generalizar diciendo que existen 3 acciones sencillas que contemplar para brindar el manejo adecuado a los residuos.<sup>12</sup>

1. Saber que desechar: Desde el punto de vista de la eficiencia y la responsabilidad, debemos mirar que materiales son desechados y en que cantidades, ya que esto nos puede decir mucho con respecto a los rendimientos de los equipos y de los trabajadores.
2. Seguir las 3 R's: El principio de las 3 R's se basa en 3 acciones: reducir, reusar y reciclar. Con la reducción de los residuos más significativos se puede ahorrar dos veces: una cuando se reduce la lista del material saliente y otra cuando se paga menos por la disposición del material.
3. Investigar las condiciones locales y las opciones: Es necesario y prioritario establecer un vínculo entre las constructoras de la ciudad para encontrar un manejo adecuado, eficiente y económico de los residuos de construcción y poder conservar los recursos naturales y la capacidad de los vertederos.

### **2.2.1 Principio de las 3 R's**

Es muy importante dejar claro en que consiste cada uno de los tres principios de las 3 R's para que su implementación pueda realizarse fácilmente. A continuación se describe cada uno de ellos.<sup>13</sup>

*La reducción de las basuras*, proporciona el más grande beneficio medioambiental. Cuando se utiliza menos material, se paga menos por la disposición, se reduce la contaminación y el transporte, se ahorra energía y agua y lo más importante es que se mantiene el material fuera de los vertederos, lo cual es muy ventajoso ya que en la mayoría de los países esa es la principal acción para deshacerse de los residuos y al reducirlos, se alarga el tiempo de vida útil de los mismos. De esta manera, la reducción de los residuos puede ser considerada como la idea principal para un plan de manejo de residuos.

Esta idea, debe comenzar con el proyecto mismo y es necesario que todos los que participan en el proyecto de construcción busquen soluciones ingeniosas para reducir la cantidad de materiales a utilizar y por consecuencia los residuos generados. Entre las posibles acciones se encuentran el diseño de secciones mecánicamente más eficaces, la

---

<sup>12</sup> Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Mayo 2006, Pag 126.

<sup>13</sup> Samton, Gruzen. *Construction & Demolition Waste Manual*. Department of Desing and Construction City of New York. Año 2003. Pág 28.

utilización de placas delgadas y ligeras y la disminución de la cantidad de medios auxiliares (andamios, encofrados, maquinarias).

Es así, como la industria de la construcción ha creado varias tecnologías alternativas en lo que a producción de residuos se refiere, tales como la construcción con elementos prefabricados de hormigón, estructuras metálicas prefabricadas, tabiques divisorios con paneles de yeso, entre otros. Sin embargo estas tecnologías no han podido ser masificadas por los costos que implica su adopción.

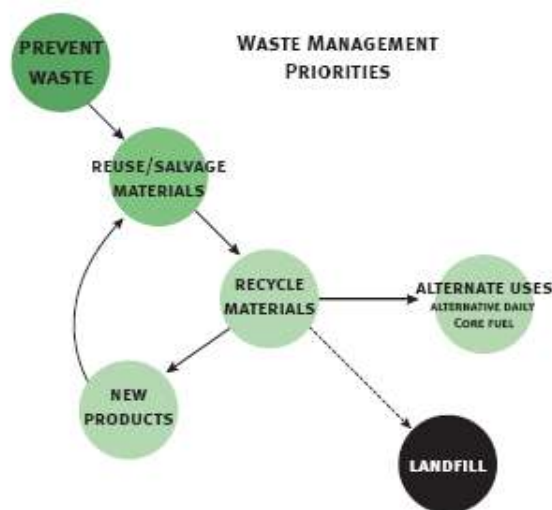
*La segunda acción, del principio de las 3 R's, reusar*, es una actividad que involucra la reaplicación de un material de modo que mantiene su forma e identidad original. Es decir, la recuperación de elementos constructivos completos y el reuso con las mínimas transformaciones posibles. En otras palabras, es extender la vida útil de los materiales existentes y disminuir así el uso de nuevas fuentes de materiales.

Se debe tener en cuenta, que edificios enteros pueden ser usados a través de la renovación, ya sea para el mismo uso o para uno nuevo, ahorrando fuentes de materiales y dinero. Además cuando se diseña, debe hacerse pensando en que éstos sean fácilmente acomodados al uso que se le vaya a dar y para éstos casos, la tecnología juega un papel muy importante que muchas veces se olvida y que ayudaría para prevenir la basura generada en el futuro.

Durante el proceso de construcción se generan algunos residuos reutilizables procedentes de los materiales y otros de los materiales auxiliares, tales como encofrados de madera y metálicos, andamios o sistemas de protección y seguridad. Los embalajes y envases pueden reutilizarse, en especial los grandes contenedores, que son recargables tantas veces como sea necesario. En el caso de las demoliciones, se pueden reutilizar ciertos elementos del edificio, tales como puertas, ventanas y artefactos de instalaciones de iluminación, calefacción, entre otros.

*La tercera acción, reciclar*, consiste incorporar a los residuos en un proceso en el que el material residual requerirá ser tratado, y luego sometido a un proceso de elaboración junto con otros insumos y de esta manera, se conservan las fuentes de los materiales y se mantienen alejados de los vertederos. Se ha podido identificar que los proyectos de demolición y reconstrucción, los cuáles representan aproximadamente las dos terceras partes de los proyectos de construcción, presentan numerosas oportunidades de reciclaje.





**Figura 2-1. Cuadro que representa las alternativas para el manejo de los Residuos Sólidos**

La reutilización de materiales tiene las siguientes opciones dentro de una obra de construcción:<sup>14</sup>

1. Reutilización directa en la misma obra donde son generados los residuos, el ahorro es máximo porque ni siquiera se requiere transporte.
2. Reutilización en otras obras, se presenta la necesidad de transportar los residuos desde una obra a otra, con el costo económico y ecológico que ello implica. En esta opción se incluyen dos alternativas: que se realice la venta de los residuos a otra empresa constructora siendo necesario fijar precios y condiciones de suministro, o que los residuos sean utilizados en otra obra de la misma empresa, beneficiándose la empresa porque no paga por beneficiarse y tampoco por deshacerse de ellos.
3. Reutilización previa transformación, incluye la modificación de la forma y propiedades originales de los productos. Es decir, que los materiales una vez modificados, son utilizados como materias primas de nuevos productos, la misma obra, en otra obra de la misma empresa o vendidos a otras empresas constructoras.

De esta manera, se han podido establecer algunas razones que permiten demostrar la importancia del reciclaje en las obras de construcción<sup>15</sup>:

<sup>14</sup> Glinka, María E. - Vedoya, Daniel E. - Pilar de Zalazar, Claudia A. *Reducción del impacto ambiental a partir de estrategias de Reciclaje y Reutilización de Residuos Sólidos provenientes de la demolición de edificios*. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2005. Universidad Nacional del Nordeste.

<sup>15</sup> Alvira, Mary Isabel. *La responsabilidad ambiental de las empresas en Colombia*. Instituto de estudios Ambientales, Universidad nacional de Colombia, Año 2006.

- El material reciclable, al estar mezclado con material orgánico o materiales no reciclables, se contamina perdiendo sus propiedades para ser reincorporado al ciclo económico
- En los rellenos sanitarios, el líquido que generan los residuos orgánicos (Lixiviados) por percolación y escorrentía causa contaminación en las aguas.
- Se genera la proliferación de vectores de enfermedades (mosquitos, aves, ratas...) que afectan la salud de la población cercana al relleno sanitario.
- Se ahorra espacio en los rellenos sanitarios por lo tanto, se aumenta su vida útil.
- Se protegen los recursos naturales ya que se degradan en menor cantidad.
- El reciclaje evita la contaminación producida por los desechos que no se descomponen o tardan mucho en hacerlo.
- Se minimiza el riesgo de enfermedades relacionadas con emisiones de residuos.
- Mejora las condiciones de vida de las personas encargadas del reciclaje y disposición final.
- Disminuye costos financieros al reincorporar al ciclo económico por medio de la reducción, reciclaje, y reutilización de los materiales considerados como “basura”.
- Al reciclar se baja el costo de materia prima para las empresas.
- Los residuos orgánicos, cuando se descomponen producen metano, (gas que atrapa la energía solar y provoca junto con otros gases, el aumento de la temperatura global) una molécula absorbe 20 veces más calor que una de CO<sub>2</sub>.

## 2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Para realizar una buena gestión de los residuos de construcción y demolición, primero debemos conocer su clasificación según diferentes sectores.

1. Según su naturaleza se clasifican en:

**Residuos Inertes:** Son aquellos que no presentan ningún riesgo de contaminación de las aguas, de los suelos y del aire que, en general, se podrían asimilar a los materiales pétreos. Además, el Real Decreto Español 1481/2001 los define como: “aquellos residuos no

peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana”.

**Residuos no peligrosos o no especiales:** Son los que por su naturaleza pueden ser tratados o almacenados en las mismas instalaciones que los residuos domésticos. La característica de no- peligrosos es la que define sus posibilidades de reciclaje, de hecho se reciclan en instalaciones industriales juntamente con otros residuos.

**Residuos especiales:** Son aquellos formados por materiales que tienen determinadas características perjudiciales para la salud o el medio ambiente.

2. Según su fuente de generación y origen se clasifican en:

**Materiales de limpieza de terrenos:** Formados por ramas, árboles y capa vegetal en general.

**Materiales de excavación:** Es considerado normalmente como un residuo inerte, natural o artificial. En algunos casos se presenta con contaminantes cuando no corresponde a un suelo virgen.

**Residuos de obras de infraestructura vial:** Compuestos por trozos de losas de hormigón de la construcción de caminos, residuos de asfalto y trituraciones del pavimento asfáltico, puentes, renovación de materiales.

**Residuos resultantes de construcción nueva, de ampliación o reparación (obra menor) y demolición:** Los residuos resultantes de la demolición, son los materiales y productos de construcción que se originan como resultado de las operaciones de desmontaje, desmantelamiento y derribo de edificios y de instalaciones. Se originan gran cantidad de residuos o inertes pétreos, sin embargo son cantidades menores a las generadas durante el período de construcción ya que en este caso corresponden sólo a sobrantes.

Los residuos de construcción son los que se originan en el proceso de ejecución material de los trabajos de construcción, tanto nueva como de reparación o ampliación. Su origen es diverso: los que provienen de la propia acción de construir y los que provienen de los envases de los productos que llegan a la obra. Sus características y cantidad son variadas y dependen de la fase del trabajo y del tipo de obra (residencial, no-residencial, comercial, industrial, institucional).

## 2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN: COMPOSICIÓN Y CANTIDAD

La cuestión es cuánta basura se produce, de qué tipo, y si existe un uso secundario o no. La tendencia es producir y desechar cada vez más residuos sólidos, y este hecho hace que se dificulte progresivamente la gestión eficaz del flujo de residuos. Para afrontar este desafío es que se debe conocer dos características importantes de dicho flujo: composición y cantidad. Ambas son elementos esenciales pues ejercen un impacto directo sobre la valoración y elección de las diferentes técnicas de evacuación. Además el conocimiento de la composición de los RCD permite identificar los impactos potenciales al ambiente asociados a su disposición.

Los materiales utilizados en la construcción son muchos y de variada naturaleza, lo que permite brindar un manejo diferenciado a cada uno de ellos, dependiendo del tipo de recursos, la cantidad en existencia, el costo de la extracción y el impacto que producen en el medio ambiente en cada una de las etapas que representan su ciclo de vida útil, como son la extracción, la transformación, el transporte, el consumo, la reutilización, el reciclaje y la disposición final.

Es muy importante recordar que en el sector de la construcción existen residuos provenientes de la construcción de viviendas, edificios comerciales, obras hidráulicas y otras estructuras que se clasifican como residuos de construcción propiamente dichos, pero además pueden existir los residuos provenientes de la demolición de calles y todo tipo de estructuras que son denominados residuos de demolición y a diferencia de los primeros pueden incluir vidrios, plásticos y metales.

Así mismo, se ha podido comprobar, que el mayor porcentaje de generación de residuos proviene de las actividades de reparación de obras.

Tipo de actividad que los genera	% Aprox.
Trabajos de demolición	10
Obras de reparación/rehabilitación	70
Obras de construcción	20

**Tabla 2-1. Origen de los Residuos<sup>16</sup>**

El volumen de residuos producidos y su composición real, varía de una comunidad a otra debido a la demografía histórica, al crecimiento y desarrollo actual de cada una siendo todavía es difícilmente cuantificable en todo el mundo, se carece de datos y de estrategias

---

<sup>16</sup> Natalini, Mario; Klees, Delia y Tirner, Jirina. *Reciclaje y Reutilización de Materiales Residuales de Construcción y Demolición*. Departamento de Estabilidad. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Nordeste.

que permitan medir claramente estas cantidades, y es por esto que ha sido necesario trabajar con cálculos indirectos o con muestras representativas de los residuos para buscar las alternativas que permitan darles un manejo adecuado. A esto se le suma que existen muchos factores que influyen en la cantidad y en la composición de los residuos generados, entre los que se destacan<sup>17</sup>:

- Tipo de actividad que origina los residuos: construcción, demolición o reparación/rehabilitación.
- Tipo de construcción que genera los residuos: edificios residenciales, industriales, de servicios, carreteras, obras hidráulicas, etc.
- Tamaño de la estructura, edificios en altura comparados con casas de una sola planta.
- Edad del edificio o infraestructura, que determina los tipos y calidad de los materiales obtenidos en los casos de demolición o reparación.
- Volumen de actividad en el sector de la construcción en un determinado período, que afecta indudablemente a la cantidad de residuos de construcción y demolición generados.
- Políticas vigentes en materia de vivienda, que condicionan la distribución relativa de las actividades de promoción de nuevas construcciones y rehabilitación de existentes o consolidación de cascos antiguos.

En cuanto a la determinación de la cantidad de residuos generados, la metodología para estimar el peso y volumen de los mismos puede incluir el análisis de las tendencias de la población, permisos de construcción y demolición, tipos de proyectos de construcción y demolición, tendencias en el pasado, presentes y futuras. Estos análisis se complementan, verifican y nutren de resultados de muestreos puntuales.

Las unidades básicas para las cantidades de residuos generados son: ton/m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, tn/día, tn/percápita/año, ton/año, ton/trabajo (en el caso de renovaciones). Cada una tendrá una aplicación diferente según el objetivo de la caracterización.

Algunos países como lo Estados Unidos y los países pertenecientes a la Comunidad Europea, se han preocupado por cuantificar los residuos de construcción y demolición generados en sus países. A continuación se presentan las cantidades estimadas:

---

<sup>17</sup> *Reciclado de materiales de construcción*. [en línea] <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>. Consulta: 27 de Noviembre de 2007.

Datos de generación de RCD en la Unión Europea y Estados Unidos (kg/hab/año)	
Alemania	720
Dinamarca	600
España	450
Holanda	730
Reino Unido	530
Irlanda	285
Belgica	700
Austria	650
Francia	427
Italia	350
Portugal	N/d
Grecia	200
Suecia	235
Finlandia	200
Luxemburgo	N/d
<b>Media UE</b>	<b>480</b>
<b>Estados Unidos</b>	<b>511</b>

**Tabla 2-2. Cantidad de Residuos de Construcción generados en Europa y E.E.U.U.<sup>18</sup>**

Sin embargo en nuestro país, aun no se tienen datos de los residuos generados en este sector, de la cantidad, la composición y el volumen de los mismos, lo cual es una desventaja al momento de planificar y establecer las estrategias para reducirlos.

---

<sup>18</sup> Irma Teresa Mercante. *Los residuos de Construcción en Mendoza. Estudio de Caso en Obra*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cuyo. Año 2006.

# **CAPÍTULO 3**

### **3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Investigadores se fueron dando cuenta de que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, sino que guardaban algún tipo de relación, por lo cual se hizo latente la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo, era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

Luego, esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema reticular; sin embargo, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica.

A finales de los años 70's, el uso de computadoras progresó rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que se aumentaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios de los años 80's, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se habían convertido en un modelo plenamente operativo, a medida que la tecnología de cómputo se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.



### 3.2 DEFINICIÓN DEL SIG<sup>19</sup>

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan en el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con la infraestructura de un municipio, estado o incluso a nivel nacional.

En términos prácticos, la función principal de este software es contar con cartografía con bases de datos asociadas, con la misión principal de resolver problemas espaciales o territoriales; es decir, un programa que permita manejar conjuntamente la cartografía y las bases de datos alfanuméricas asociadas.

Dicho de esta manera se podría pensar en un CAD como *Autocad*, *Microstation* u otros que permiten asociar bases de datos a los elementos del dibujo. Pero la diferencia fundamental estriba que con un SIG es posible realizar análisis de la cartografía para generar nueva cartografía en función de los resultados obtenidos, además de hacer consultas más completas al poder combinar criterios alfanuméricos y espaciales.

Otras definiciones más académicas hacen hincapié en el SIG como disciplina o ciencia aplicada, incluyen en su formulación no solo al software sino también el hardware, equipo técnico y filosofía de trabajo integrándolo todo de una forma global. Una de las más citadas es la del *National Center for Geographic Information and Analysis, N.C.G.I.A.*: "un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

La definición del diccionario de la *Association for Geographic Information (AGI)* y el Departamento de Geografía de la Universidad de Edimburgo lo explica como: "un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre".

---

<sup>19</sup> Definición y algunas aplicaciones de los Sistemas de Información geográfica. [en línea] <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>. Consulta: 3 de Noviembre de 2007.

De estas definiciones se puede extraer que la importancia de los SIG, radica en que las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir con la toma de mejores decisiones.

### 3.3 COMPONENTES DE UN SIG

Se considera que un SIG está constituido por una serie de componentes básicos fundamentales que permiten cumplir unas funciones específicas. Estos componentes básicos son 4 y el correcto funcionamiento del SIG, así como los resultados obtenidos en el análisis, depende de que éstos 4 componentes se encuentren bien articulados y en equilibrio.

Normalmente, se tiende a identificar a los Sistemas de Información Geográfica con el Software diseñado para trabajar con datos referenciados. Sin embargo, un SIG no es sólo un conjunto de programas instalados en los equipos adecuados, sino que además se debe contar con los datos y el personal cualificado<sup>20</sup>. De esta manera, se puede identificar claramente que los 4 elementos de un SIG son:

- Hardware
- Software
- Base de datos
- Recurso Humano

Cada uno de éstos componentes cumple una determinada función: El hardware permite la entrada y salida de la información geográfica en diversos medios y formas. El Software proporciona una base funcional que sea adaptable y expandible de acuerdo con los requerimientos propios de cada organización. La base de datos, contiene toda la información que garantiza el funcionamiento analítico del SIG y el recurso humano se encarga de resolver todos los problemas de entrada de datos y de conocer los modelamientos necesarios para el análisis de la información resultante<sup>21</sup>.

*El hardware* es donde realmente opera el GIS. Hoy en día, el software GIS puede ejecutarse en un amplio rango de tipos de hardware, desde servidores hasta computadores

---

<sup>20</sup> Gutiérrez Puebla, Javier. *Sistemas de Información Geográfica: Funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul*. Revista Internacional de Desenvolvimento Local, Vol 1, No 1, Año 2000. Pág 8.

<sup>21</sup> *Sistemas de Información Geográfica*. [en línea] <http://exp-grafica.uma.es/Profesores/www-jrad/document/gis/sig.pdf>. Consulta: 2 de noviembre de 2007.

personales, pero sin un computador es claro que el sistema no podrá ejecutarse. Sin embargo, debido al menor costo, a la mayor implantación y a las prestaciones cada vez mayores, son muy utilizados los computadores personales como plataforma para la ejecución del SIG.

*El Software* está relacionado con el hardware que permite ligar las características cualitativas de los datos a las características geográficas de los mismos. El Software GIS proporciona las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar, integrar información geográfica y cartográfica, además interpretar y mostrar la información dentro de nuevos campos. Los componentes principales del SIG son<sup>22</sup>:

- Herramienta para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Un sistema de manejo de Base de datos.
- Una interface geográfica para el usuario para acceder fácilmente a las herramientas.

*La Base de Datos* es considerada como la parte más importante de un SIG. Los datos constituyen una representación simplificada del mundo real con la que los expertos deben trabajar.

Cuando se habla de datos en los SIG, se hace referencia a información que puede ser utilizada por el computador, es decir mapas digitales. Debido a esto, el usuario tiene básicamente dos formas de conseguir la información, ya sea digitalizando o escaneando él mismo los mapas, o consiguiendo la información en el mercado. La primera opción es muy larga y laboriosa y en algunos proyectos, la captura de la información es la etapa que consume la mayor parte del tiempo, cuando lo lógico sería que lo fuera el análisis.

Con respecto a la segunda opción, aún existe muy poca información en el mercado y la existente es muy costosa y poco confiable. Sin embargo, cada vez surgen tecnologías similares como el GPS, que proporcionan información confiable y a un costo cada vez mas bajo.

En los SIG, normalmente se manejan tres tipos de datos los cuales son:

- Los puntos, que consisten en observaciones hechas en un punto específico por ejemplo los manholes.
- Las líneas, que se utilizan para representar características como carreteras, ríos o tuberías.
- Un área, que puede incluir aspectos como la distribución de suelos, de tierras, de ríos y otros patrones que ocupan el área de interés.

---

<sup>22</sup> Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Mayo 2006, Pag 126.

Por último, el recurso humano es la parte fundamental en el funcionamiento de los SIG y es por esto que cada vez es más importante la formación de expertos que se encarguen del mantenimiento, de su correcto funcionamiento y de su utilización para poder obtener los mejores beneficios.

### **3.4 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG<sup>23</sup>**

Los sistemas de información geográfica, tienen usos muy distintos y por eso cuentan con un amplio repertorio de funcionalidades. De esta forma, existen 4 elementos esenciales con los cuales debe contar un SIG, los cuales son: adquisición de la información, manejo de datos, análisis de la información y visualización de la misma.

*La adquisición de la información*, es el proceso de identificar, reunir y procesar la información. Esta, puede obtenerse de distintas maneras y en diferentes formatos como información espacial, información análoga, imágenes satelitales generadas por sistemas remotos como la tecnología del GPS, información de archivos con características de los objetos, entre otros. Sin embargo, es una etapa crítica en los sistemas de información geográfica, debido a que consume mucho tiempo y en algunas ocasiones puede resultar costosa, por lo tanto los usuarios del GIS deben ser cuidadosos en la manipulación de la información.

*El manejo de los datos*, consiste en la entrada, actualización, eliminación y recuperación de la información a través del SIG. De esta forma, los SIG pueden ser utilizados simplemente como una herramienta de análisis, pero también como una herramienta de consulta. Todas estas actividades, son realizadas a través de sistemas de manejo de bases de datos que pueden ser consultadas de dos formas diferentes: desde la base de datos de atributos o desde el mapa digital.

En el primer caso, en la base de datos se seleccionan los objetos espaciales que cumplen determinadas condiciones fijadas por el objeto y luego los objetos se visualizan en la pantalla, conociendo de esta manera el lugar exacto donde se localizan. En el segundo caso, se seleccionan ciertos objetos sobre el mapa y automáticamente se resaltan en la base de datos, conociendo de esta manera, que hay en los lugares seleccionados.

*El análisis de la información*, se realiza una vez se ha completado la recolección de la misma. Entre los análisis que se pueden llevar a cabo con la ayuda del SIG encontramos la

---

<sup>23</sup> Gutiérrez Puebla, Javier. *Sistemas de Información Geográfica: Funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul*. Revista Internacional de Desenvolvimento Local, Vol 1, No 1, Año 2000, Pág 8.

superposición de capas, la modelación, los buffers, el análisis de redes y el análisis espacial.<sup>24</sup>

- Superposición de capas: En los sistemas de información geográfica, los mapas son representados temáticamente, es decir, en muchas capas con diferente información y cada una representa una característica o un tema del mapa. Esto permite, combinar los temas de alguna manera, lo cual puede resultar útil para los análisis requeridos y prever problemas futuros con alguna precisión, permitiendo identificar las áreas que cumplen con todos los requerimientos para una determinada actuación, utilizando para esto operadores lógicos.
- Modelación: Los SIG permiten la simulación de modelos basados en 4 aspectos, los cuales son la modelación cartográfica, la simulación o modelación determinística, modelación estática o predictiva y los modelos de calibración.
- Buffers: Se pueden generar *mapas de distancias euclidianas* a partir de ciertos objetos del mapa. En ocasiones se trata de conocer el espacio que se encuentra a menos de una determinada distancia con respecto a un objeto o a un conjunto de objetos dados. Esto es lo que se llama la generación de *buffers* o *corredores*. Los cálculos de distancias y la generación de corredores, constituye una de las operaciones más características de los SIG y es utilizada en multitud de aplicaciones: estudios de impacto ambiental, búsqueda de localizaciones óptimas, etc. Los buffers, también se pueden definir, como una técnica mediante la cual una frontera de ancho conocido, es dibujada alrededor de un punto o de una característica lineal.
- Análisis de redes: Es una técnica mediante la cual, se identifica que una trayectoria lineal representa el flujo de un objeto a través del área. Existen redes de muy diversos tipos: de transporte, hidrográficas, telefónicas, eléctricas, de abastecimiento de agua, de alcantarillado, etc.
- Análisis espacial: Es considerado como una serie de procedimientos analíticos aplicados a la información para describir, predecir o determinar medioambientalmente aspectos sociales. Las técnicas del análisis espacial, incluyen métodos para la reclasificación de las características de mapas superpuestos, la medición de áreas y distancias, la interpolación de valores, entre otros.

Por último, *la salida y la visualización de datos*, es la fase en la cual los resultados finales del análisis del GIS son creados y mostrados. Los sistemas tienen una serie de funcionalidades, que permiten construir mapas de alta calidad para presentar los resultados, utilizando para esto tramas de colores, símbolos y la posibilidad de representación de varias

---

<sup>24</sup> Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Año 2006, Pag 126.

variables al mismo tiempo, brindando también la posibilidad de realizar mapas en 3D fijos o en movimiento, entre otros.

### **3.5 APLICACIONES DEL SIG**

La compleja estructura de los Sistemas de Información Geográfica formada por Hardware, Software, base de datos y recursos humanos, ha evolucionado de forma importante en los últimos años. Sin embargo, esa misma complejidad hace que su proceso de desarrollo, lejos de considerarse como culminado, tenga todavía un largo camino por recorrer y muchos campos en los cuales ser utilizados.

A pesar de que su utilización no termina de consolidarse, son muy diversos los campos de aplicación donde los Sistemas de Información Geográfica pueden ser utilizados como una herramienta importante. Entre estos campos encontramos:

- **Cartografía automatizada:** Las entidades públicas se han puesto a la tarea de implementar los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía que son utilizados por todas las empresas a las cuales les puedan resultar de utilidad. Así mismo, las entidades están comprometidas con entregar periódicamente versiones actualizadas de los diferentes planos.
- **Infraestructuras:** Cuando comenzaron a aparecer los SIG, fueron utilizados por las empresas prestadoras de los servicios públicos de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc. En este caso, los SIG se utilizan para almacenar información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes.
- **Gestión Territorial:** Son aplicaciones dirigidas a la gestión de entidades territoriales y permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información, incluyendo información procedente de varias capas superpuestas. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructura, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Ofrecen también la facilidad de generar documentos con información gráfica y alfanumérica tales como cédulas urbanísticas, cédulas catastrales, etc.
- **Medioambiente:** Son todas las aplicaciones llevadas a cabo por instituciones de medio ambiente y empresas de ingeniería, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Los SIG integrados con sistemas de adquisición de datos, permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, con el fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Proporcionan una ayuda fundamental en

trabajos como la reforestación, explotaciones agrícolas, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

- **Equipamientos Sociales:** Estas aplicaciones están dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, centros deportivos, culturales, lugares de concentración en casos de emergencias, centros de recreo, entre otros y suministran información sobre lugares ya existentes en una determinada zona y ayudan en la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros de atención a usuarios cubriendo de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.
- **Recursos Geológicos-Mineros:** La utilización del SIG en este campo permite el fácil manejo de un gran volumen de información generada en varios años de explotación intensiva de un banco minero, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelación de las capas o formaciones geológicas.
- **Ingeniería de Tránsito:** Los SIG son utilizados para modelar la conducta del tráfico, determinando patrones de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los nodos o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes como por ejemplo, deducir el camino mas corto en distancia o en tiempo entre dos puntos. Así mismo, si la información se actualiza con rapidez, puede ser una herramienta muy eficaz a la hora de recomendar itinerarios y puede utilizarse también para simular el efecto que puede tener un cambio en las condiciones normales de circulación de una vía como cortes por obras, por manifestaciones, etc.
- **Demografía:** Es un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo, es la utilización de las variadas características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Entre las aplicaciones se pueden destacar: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc. El origen de los datos regularmente corresponde a los censos poblacionales elaborados por alguna entidad gubernamental y se ha demostrado que este grupo de aplicaciones no ofrecen mucha precisión, y en general, manejan escalas pequeñas.
- **Geomarketing:** La base de datos de los clientes potenciales de determinado producto o servicio relacionada con la información geográfica, resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, anuncios espectaculares, publicidad móvil, etc.

- Bancos: Los bancos son buenos usuarios de los SIG debido a que requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas sucursales incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.
- Planimetría: Tiene como objetivo la representación bidimensional del terreno proporcionándole al usuario la posibilidad de proyectar su trabajo sobre un papel o en pantalla sin haber estado antes en el sitio físico del proyecto. El fin de la planimetría es que el usuario tenga un fácil acceso a la información del predio; por ejemplo, saber qué cantidad de terrenos desocupados se encuentran en el lugar, o qué cantidad de postes telefónicos necesita para ampliar su red, o qué cantidad de cable necesita para llegar hasta un cliente, o emplearlo en soluciones móviles, o utilizarlo como plataforma de archivos GIS. En otras palabras, permite al usuario visualizar de forma clara y con gran exactitud la información que se encuentra dentro de su proyecto. Existen distintos tipos de planimetría, que van de la mas básica a la más completa. La elección del tipo de planimetría depende del tipo de información que el usuario vaya a necesitar para su proyecto.
- Cartografía Digital 3D: Este tipo de información tridimensional de construcciones civiles, es requerida para realizar, por ejemplo, la planeación de la cobertura de las ondas de radio en una población ubicando los rebotes de ondas radiales entre antenas, optimización de redes, ubicación de antenas, interferencias de radio frecuencia, tendido de líneas de transmisión en 3D; o en el caso de la planeación de un aeropuerto este modelado tridimensional permitiría realizar el estudio de los espacios aéreos que intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción.

Si queremos realizar una clasificación más general de los sectores que utilizan los SIG, podemos hacerlo en 3 grandes grupos los cuales son<sup>25</sup>:

- Administración pública
- Empresas privadas
- Servicios públicos

En lo que se refiere a la administración pública, los SIG son utilizados para la planificación territorial, los recursos naturales, usos militares, gestión catastral, transportes, obras públicas, planes de emergencias y localización de servicios. En las empresas privadas, los SIG se utilizan para las explotaciones de gas y petróleo, extracciones mineras, valoración de suelos, logística y distribución. Por último en cuanto a los servicios públicos, los SIG son utilizados para las redes electrónicas, de gas, de teléfono, de agua y de alcantarillado.

En cuanto a las aplicaciones medioambientales de los Sistemas de Información Geográfica, como se mencionó anteriormente, permiten evaluar el impacto de los proyectos que se

---

<sup>25</sup> *Sistemas de Información Geográfica*. [en línea] <http://exp-grafica.uma.es/Profesores/www-jrad/document/gis/sig.pdf>. Consulta: 2 de noviembre de 2007.



ejecutan. De esta manera, han sido muy utilizados en los proyectos de construcción de infraestructuras y obras civiles.

### 3.6 APLICACIONES DEL SIG AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Las Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica han sido muy variadas en todos los campos y en el campo de la construcción que es el de nuestro interés en estos momentos, se han podido encontrar muchas aplicaciones a gran escala y con muy buenos resultados.

En el 2004 Heng Li, Zhen Chen, Liang Yong y Stephen Kong<sup>26</sup> publicaron un trabajo en el cual aplicaron integradamente la tecnología de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y los Sistemas de Información Geográfica (GIS) para la reducción de los residuos de construcción, debido a que en Hong Kong cientos de toneladas de basuras son depositadas en promedio todos los días en los botaderos.

En su trabajo, ellos presentan un modelo basado en los incentivos dados a los trabajadores para minimizar los residuos disponibles de acuerdo con las cantidades y valores de materiales salvados en sus operaciones diarias. Este modelo, permite entregar al instante información sobre las cantidades de materiales que regresan al sitio de almacenamiento permitiendo conocer las cantidades de materiales que hay en la obra, cuáles se han gastado y cuales son los residuos que se tienen dependiendo de las actividades en las cuales se emplean.

Este modelo se realizó basado en incentivos para los trabajadores, por que previas investigaciones mostraron que la actitud y el entusiasmo de los trabajadores era un factor determinante para la generación de los residuos. De esta manera, los autores se preocuparon por establecer una ecuación que relaciona el tipo de material, el funcionamiento de los equipos y el precio unitario del material:

$$C_i(j) = \sum \Delta Q_i(j) \times P_i$$

$$= \sum_n (Q_i(j)_{es} - (Q_i(j)_{ds} - Q_i(j)_{rs})) \times P_i$$

**Ecuación 1. Cantidad Total de material.**

Aunque la tecnología GIS para el manejo ambiental incluye manejo de recursos naturales, manejo de basuras, modelación de aguas subterráneas, consecuencias de impactos

---

<sup>26</sup> Idem 4

ambientales, entre otros y la tecnología GPS incluye seguridad pública, localización de emergencia, soporte para las decisiones en el campo medioambiental entre otros, la aplicación integrada de éstas dos tecnologías ha sido introducida en muchas áreas y se ha podido comprobar que en el campo de la construcción sus múltiples aplicaciones aún se encuentran en exploración. Sin embargo, se ha podido demostrar que la aplicación de las dos tecnologías juntas puede ayudar a tomar decisiones para una rápida y efectiva caracterización del sitio contaminado y para monitorear y controlar los impactos ambientales adversos.

Por otro lado, Gilpin Robinson y Katherine Kapo en el 2004<sup>27</sup>, desarrollaron un modelo de manejo de datos que permitiera medir las relaciones espaciales entre los sitios de reciclaje de agregado, redes de transporte, distribución de la densidad de población y sitios de producción natural de agregado a través del uso de los Sistemas de Información geográfica en los estados de Virginia, Maryland y el distrito de Columbia.

Los autores, definen el agregado reciclado como el pavimento demolido de todo tipo de actividades de la construcción. El pavimento rescatado del asfalto (RAP) y el concreto rescatado del Cemento Portland (RPCC) están considerados como los más abundantes y disponibles substitutos potenciales del agregado natural en áreas urbanas.

Uno de los objetivos del modelo fue medir las relaciones entre los sitios y las diferentes características espaciales de tal forma, que sus efectos individuales pudieran ser evaluados y usados para deducir la influencia relativa en el desarrollo. De esta manera, el análisis del manejo de datos, proporciona correlaciones espaciales que pueden ser fácilmente aplicadas para otras áreas geográficas, así mismo, mide las relaciones espaciales entre la localización de los sitios de producción de agregado reciclado y los patrones de mapas permitiendo optimizarlos para predecir.

Para este trabajo, fueron encontrados 65 sitios de reciclado de agregado, de éstos 37 eran de reciclado de RAP y el resto de RPCC. Además, la densidad de la población fue analizada bajo dos diferentes escalas espaciales: 1:500000 y 1:100000.

El análisis se realizó por separado para los sitios que reciclan RAP o RPCC para que los resultados obtenidos pudieran fácilmente aplicarse a cualquier tipo de operación de reciclaje, ya que es muy raro encontrar sitios que reciclen las dos clases de agregados, sin embargo, es muy fácil identificar las semejanzas y diferencias entre los dos análisis.

Además, se realizó un análisis para cada variable, es decir uno para la densidad de población, otro para las redes de transporte, otro para la proximidad a los sitios de producción natural de agregado y otro para el nivel de producción de agregado; así como también un modelo integrado de todas estas variables para cada tipo de sitio de reciclado, ya sea RAP o RPCC.

---

<sup>27</sup> Idem 5

Como conclusión a todos éstos análisis se puede decir que el uso del agregado reciclado ha crecido y seguirá creciendo en respuesta al incremento de la demanda para el agregado, la dificultad y el costo para desarrollar y permitir nuevos sitios de producción natural de agregado, otros costos como el incremento de la disposición de escombros, el incremento en la distancia de transporte de los sitios de producción natural de agregado a los sitios de construcción y los esfuerzos de la comunidad y de la nación para minimizar los residuos a través de la sustitución de recursos naturales con los materiales reusados y reciclados.

En el año 2005, Julia Armesto Gonzalez, M Luz Gil Decampo e Ignacio Cañas Guerrero<sup>28</sup> desarrollaron un trabajo que permitiera demostrar la utilidad de las imágenes de alta resolución, en el estudio de las construcciones rurales con respecto a su reutilización. Este trabajo, incluyó un inventario de construcciones y una estimación de densidades, así como también un estudio de los patrones de distribución de las construcciones. Toda esta información puede ser integrada dentro del GIS y puede ser analizada con otros datos.

Este estudio sirve como base para la caracterización de la arquitectura en las áreas rurales, de esta manera las construcciones que se analizan se encuentran en el ambiente rural sin importar si son tradicionales o modernas.

Cuando se estudian construcciones rurales, se presentan algunos problemas: uno de ellos es la localización. Así, muchas construcciones debido a su extensión y a la alta resolución de las imágenes son visibles sin tratamiento digital, sin embargo aquellas construcciones pequeñas que casi no se notan por la vegetación o por construcciones aledañas, si necesitan de tratamiento digital para las imágenes. De esta manera, el trabajo realizado por los autores, demuestra que son importantes los patrones de distribución de las construcciones para definir su reuso.

Entre los años 2005 y 2006<sup>29</sup>, fue aplicado el Sistema de Información Geográfica MapInfo por un estudiante de la Universidad Tecnológica de Malasia para crear una base de datos de materiales y residuos de construcción, analizarlos y emitir conclusiones y recomendaciones sobre su localización en los sitios de construcción. Para realizar todo el análisis, fueron utilizados dos sitios de construcción denominados Majlis Perbandaran Johor Bahru Tengah y KIPark. En este documento se analizan los materiales mas utilizados en las obras de construcción como son: la madera, el acero, el agregado fino, el cemento, entre otros.

Con la aplicación del MapInfo en estas obras, se llega a la conclusión de que el sitio para la localización de los residuos de la construcción debe estar por lo menos 5 metros alejado del lugar de la construcción para proporcionar suficiente espacio para los trabajadores, además debe localizarse cerca de la entrada para facilitar su evacuación y por lo menos a 2 metros del lugar de almacenamiento de los materiales. Así mismo, se establecen las condiciones necesarias para la localización de cada uno de los materiales dentro de la obra de tal forma que no afecten el desarrollo de las actividades diarias.

---

<sup>28</sup> Idem 6

<sup>29</sup> Idem 8

V.K. Bansal y M. Pal en el 2006<sup>30</sup>, publicaron un trabajo por medio del cual analizaron el potencial de los Sistemas de Información Geográfica en la parte medioambiental para desarrollar un sistema de información de proyectos de construcción que permita el análisis de la seguridad y las recomendaciones del control de calidad para diferentes actividades.

La industria de la construcción es una de las ocupaciones más peligrosas y la falta de seguridad en esta actividad puede traer como resultado accidentes de trabajadores, pérdidas financieras, conflictos legales y penas. Así, es claro que la industria de la construcción, necesita una herramienta que ayude a integrar activamente la seguridad y la salud dentro de la planeación de un proyecto.

La cantidad de información disponible para un proyecto de construcción requiere de un sistema coordinado que ayude a la integración de toda la información, es precisamente en este momento donde se hace necesario la utilización de los SIG para el manejo de datos espaciales y no espaciales.

En este trabajo, se usaron diferentes tablas en el SIG para almacenar información sobre actividades, materiales, equipos, seguridad y recomendaciones para el control de calidad. La tabla de materiales contiene 10 campos que son: código, lista de actividades, cemento, arena, agregado grueso, limo, acero, piedra y ladrillos. La tabla actividad contiene: código, lista de actividades, ayudante, herrero, carpintero. La tabla de equipos contiene: código, actividad y el equipo. La tabla de seguridad contiene 2 campos: código y recomendaciones de seguridad y la de calidad contiene: código y recomendaciones de control de calidad.

Entre todas estas tablas, se establecen relaciones uno a uno, uno a muchas y muchas a uno. Con estas relaciones y con la base de datos de actividades, materiales, equipos, etc, se puede realizar un análisis para cada proyecto de construcción en particular, es decir, se selecciona la actividad que se va a realizar y mediante el GIS se podrá saber los materiales necesarios para realizar la actividad, las personas necesarias, los equipos y las recomendaciones de seguridad y calidad que deben tenerse en cuenta.

---

<sup>30</sup> Idem 7

# **CAPÍTULO 4**

## 4 NORMATIVA LEGAL

Este capítulo reúne la legislación y las regulaciones relacionadas con la gestión ambiental de los escombros y de los materiales sobrantes de la construcción de obras civiles. Esta etapa busca identificar toda la legislación, regulaciones o autorizaciones que están relacionadas con las actividades de manejo de escombros, que tienen, o podrían tener un impacto medioambiental significativo.

### 4.1 NACIONAL

En 1994 se estableció la *Resolución 541*, por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

En esta resolución se establecen todos los requisitos que deben cumplir los vehículos encargados del transporte de los residuos a las estaciones de transferencia o a las escombreras directamente. Los vehículos deben encontrarse en buen estado y el volumen de residuos debe ser acomodado de tal forma que quede a ras para que no se produzcan derrames durante el transporte, siendo necesario también cubrirlos para evitar la dispersión de partículas al aire.

Con respecto al almacenamiento, cargue y descargue de obras públicas, se prohíbe el almacenamiento temporal o permanente exceptuando aquellas áreas en la cuales se este construyendo, siendo necesario delimitarlas y señalizarlas para evitar accidentes.

En caso de obras públicas destinadas para el tráfico vehicular y peatonal, el cargue, descargue y almacenamiento se llevará a cabo en las mismas áreas y el plazo máximo para el almacenamiento no puede exceder de 24 horas después de finalizada la obra y debe encontrarse apilado y acordonado por la seguridad de los peatones y de los conductores.

Además, se regula que para áreas de espacio público no contempladas en la resolución, debe comunicarse a la autoridad ambiental competente detallando el tiempo de duración de la obra, el área a utilizar y las condiciones de almacenamiento.

Para el caso de obras privadas, el cargue, descargue y almacenamiento deberá realizarse dentro de las instalaciones de la obra y éstas deben contar con sistemas de lavado de llantas para evitar que los vehículos arrastren materiales a las calles.

En lo que se refiere a la disposición final, los municipios y las entidades medioambientales deben encargarse de seleccionar el sitio donde se localizará la escombrera. Deben ubicarse

en zonas que tengan cierta degradación paisajística y en zonas alejadas de la población civil para evitar riesgos a la salud humana de las personas por la dispersión de partículas al aire. Así mismo, se establece que el cobro de las tarifas será fijado por el municipio de acuerdo con la legislación ambiental vigente y que los responsables de la disposición final de los escombros cuentan con un plazo improrrogable de 2 meses para dar cumplimiento a sus disposiciones.

En 1997 se estableció el *Decreto 357*, por medio del cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción en la ciudad de Bogotá. En este decreto se define escombros como “todo residuo sólido sobrante de la actividad de construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas complementarias o análogas.

En el Artículo 2 de este Decreto queda prohibido arrojar, descargar o almacenar escombros en zonas de espacio público, y que en caso de requerirse debe ser señalizado, acordonado y delimitado facilitando el paso peatonal o vehicular.

Se establece además, que cuando el transporte de material se haga por medio de vehículos de tracción animal, éstos deben encontrarse en buen estado y disponer de suficiente espacio para el transporte evitando pérdida de material o derrames, ya que en caso de haberlo es responsabilidad única y exclusiva del transportador limpiar el área.

Además se mencionan las sanciones a las cuales pueden ser sometidos las personas que no cumplen con lo establecido en este decreto y las medidas sancionatorias que podrían aplicarse son el pago de multas diarias entre 1 y 10 SMLV o en el peor de los casos suspender la actividad que dio lugar a la infracción

## **4.2 REGIONAL**

En la ciudad de Barranquilla, se estableció el Decreto No 0080 de 2007, por medio del cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros en el distrito de Barranquilla, de conformidad con lo establecido en el Artículo 7 del Estatuto Urbanístico Distrital, de exigir el adecuado control de toda actividad susceptible de causar impactos negativos al ambiente y de acuerdo a la Resolución No 541 de 1994 expedida por el medio ambiente, que también regula todo lo concerniente al manejo de los residuos de construcción.

Mediante este Decreto, se establece que el Distrito debe contar con una escombrera oficial determinada como el sitio único y exclusivo para la disposición de los residuos, ubicada entre la calle 5 y la margen Occidental del Río Magdalena y entre la carera 45 y el Canal de los Tramosos sector de Barranquillita, y en el área de la Isla de la Loma y dirigida y administrada por la empresa de desarrollo urbano de Barranquilla EDUBAR.

En cuanto al manejo y almacenamiento de los residuos, en cuanto a obras públicas, se prohíbe el almacenamiento en áreas de espacio público y en caso de utilizarlo debe ser señalado y delimitado; sin embargo para las obras privadas, el almacenamiento en zonas de espacio público si esta prohibido bajo todas las circunstancias y todas las actividades de cargue y descargue deben efectuarse al interior de las obras para evitar la contaminación del espacio público.

Así mismo, se establece que el valor de la operación será establecido por el operador de la escombrera de tal forma que sea suficiente para su funcionamiento y operación.

Por último se establece que cuando las actividades a realizar no requieran de licencia ambiental o de planes de manejo, se deben incluir dentro de los requisitos, un programa para el manejo ambiental de los materiales y contemplar los demás elementos que se establecen en el presente decreto. Además, debe notarse, que tanto a nivel nacional como regional, la normativa legal solo es aplicable para la gestión externa de los residuos de construcción pero aún no existen leyes que regulen el manejo interno de los mismos, por lo cual su generación sigue siendo descontrolada en todos los aspectos.



# **CAPÍTULO 5**

## **5 METODOLOGÍA**

Muchos análisis y pruebas se han venido realizando para evaluar la efectividad de los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de los materiales de construcción y los residuos generados por la misma actividad. Cada día, es más importante establecer una propia metodología para la aplicación de los SIG en todas las áreas que permita obtener los mejores resultados. A continuación se describe la metodología empleada en este caso para la aplicación de los SIG.

### **5.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DE LA OBRA**

Este proyecto de investigación se ha desarrollado en la empresa Proyectos Urbanísticos de la Costa - PROURBACOSTA S.A. Es una empresa legalmente constituida el 12 de marzo del 2007 y como su nombre lo indica se dedica a la Interventoría, diseño y construcción de proyectos urbanísticos.

Esta empresa surgió, debido a la demanda de la construcción y a la creciente necesidad de brindar servicios de calidad en actividades como la construcción de obras de urbanismo, la construcción de vías y carreteras, el alquiler de equipos y maquinaria para la construcción, la realización de movimientos de tierra, la instalación de tuberías de acueducto y alcantarillado, entre otras.

Así mismo, para que su actividad se ha reconocida y para poder posicionarse en el sector de la construcción, ha adquirido todos los equipos y la maquinaria para realizar correctamente el trabajo. Además, se ha preocupado por utilizar materiales de construcción de calidad a través de los mejores proveedores y lo más importante es la selección del grupo de profesionales comprometidos con la obtención de buenos resultados para la empresa.

Desde sus inicios, sus principales proyectos han sido con la empresa Alejandro Char & Cia, sin embargo, se encuentra en proceso de ampliar su campo laboral. Con Alejandro Char, ha desarrollado obras grandes de Urbanismo como el Conjunto Residencial Barcelona, Ciudad del Sol I, Ciudad del Sol II y Tarragona.

La obra escogida para la presente investigación, es el Conjunto Residencial Barcelona, se encuentra ubicada en la Cr 44 con 99C esquina al lado del centro comercial Miramar. Es un proyecto de 6 Torres de 11 pisos de altura con dos apartamentos por piso de 122 m<sup>2</sup> y un penthouse de 177 m<sup>2</sup> para un total de 126 apartamentos en el conjunto, cuenta con piscina de adultos y de niños, zona de juegos infantiles, salón de eventos, kiosco y zonas de esparcimiento en general para toda la familia.

La forma como la empresa Alejandro Char & Cia, decidió manejar sus proyectos es por medio de contratistas, de esta manera cada actividad representativa del proyecto está asignada a una empresa contratista diferente. Es así, como la Proubacosta es la encargada de construir toda la parte urbanística de la obra, donde se incluyen zonas de parqueaderos en todos los niveles existentes, instalación de la red de agua potable, red de alcantarillado, red contra incendio y red pluvial de las zonas comunes, construcción de garita y zona de administración, zona de juegos infantiles, zona de la piscina y salón múltiple.

Debido a las actividades que debe desarrollar la empresa, los materiales primordiales y que se consumen en mayores cantidades son los siguientes:

- Tuberías para las diferentes redes.
- Geotextiles para la construcción de filtros en los muros debido a la falta de estabilidad del terreno para evitar la infiltración.
- Varillas para el refuerzo de todos los elementos estructurales.
- Cemento para la preparación de concreto en obra, mortero para pañetes y suelo cemento para la estabilización del terreno.
- Ladrillo tolete para la construcción de muros y manholes.
- Alambre quemado para el amarre del refuerzo de los elementos estructurales.

De esta manera, los materiales seleccionados para la investigación son precisamente éstos por su gran utilización.

## **5.2 TIPO DE ESTUDIO**

La presente investigación, es de tipo Descriptivo-Aplicativo. Descriptivo por que se está trabajando sobre realidades y su característica principal es presentar una interpretación correcta y Aplicativa por que depende de alguna manera de los descubrimientos y avances de la investigación pura, pero se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos.

Esta investigación, busca realizar un diagnóstico de la situación actual del manejo de los residuos sólidos en las obras de construcción y de las herramientas disponibles para el fácil manejo de éstos. Para realizar el diagnóstico, se recopiló toda la información disponible de los materiales utilizados en las Obras de Urbanismo del Conjunto Residencial Barcelona, cuyos trabajos son realizados por la empresa contratista Proubacosta S.A.

El estudio, busca desarrollar una metodología para la gestión y el manejo interno de los residuos producidos de acuerdo con la información recopilada y con los análisis realizados permitiendo a todos los profesionales del sector de la construcción tener en cuenta parámetros medioambientales en la ejecución de las actividades a través del control y gestión de los residuos.

Además, se aplicará la plataforma ArcGIS Desktop – ArcView para el análisis de la información recopilada y posteriormente generar de acuerdo a los resultados obtenidos, una serie de recomendaciones para la ubicación del almacén y del sitio de disposición de escombros, lo cual puede ser fácilmente aplicado para cualquier otro trabajo del sector de la construcción y que representará un beneficio de gran utilidad para este sector y para el medio ambiente en general.

## **5.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.3.1 Revisión de la Literatura**

La revisión de la literatura existente, es un proceso esencial para la búsqueda y la identificación de problemas en las situaciones actuales. Por esta razón, inicialmente se realiza una investigación bibliográfica sobre el estado del arte, identificando la existencia de herramientas de producción mas limpia para el manejo de los residuos en las obras de construcción, de tal forma que se puedan identificar carencias y debilidades en las herramientas existentes y de esta manera poder identificar con facilidad los espacios de actuación de la investigación.

Como resultado de esta revisión detallada, deben quedar establecidos claramente los objetivos, los alcances y las limitaciones de realizar la investigación escogida. Para obtener información veraz y confiable, es muy importante utilizar buenas fuentes de investigación, de esta manera, normalmente las fuentes mas confiables son las bases de datos, journals y libros, sin embargo alguna información también puede obtenerse de Internet.

En este estudio, se hace uso de AutoCAD para digitalizar los planos de la Obra Conjunto Residencial Barcelona. Así mismo, se hace uso de un Software denominado ArcView GIS que permite la integración de características y datos gráficos y espaciales dentro de un mismo plano.

### **5.3.2 Recolección de la Información**

La recolección de la información, se realizará a través de visitas a la empresa constructora encargada de la Ejecución del proyecto la cual es Prourbacosta S.A. En estas visitas, se recopilará toda la información disponible sobre los materiales empleados en la obra, las cantidades que se manejan, las actividades en las cuales se utiliza cada uno de ellos, los desperdicios que se producen en cada actividad y el tratamiento que se le brinda a éstos. También, se conseguirán planos de la obra referenciados con coordenadas geográficas para una mejor localización.

En conclusión, la información necesaria en este estudio se dividirá en dos: información espacial y no espacial. La información espacial, incluye los planos de la obra de construcción, la localización de los materiales y la localización de los residuos en el sitio de construcción mientras que la información no espacial incluye los materiales utilizados en cada actividad, las cantidades utilizadas y los desperdicios generados.

De los Cardex, que maneja la empresa para el control de materiales se pudo formar la base de datos de los materiales entrantes y salientes diariamente de la obra y además se pudo identificar en que actividad exactamente fueron utilizados y los desperdicios producidos para cada mes y cada material.

#### CEMENTO

Mes	Desperdicio (Bolsas)	Desperdicio (Kilos)
Mayo	0.21	10.5
Junio	1	50
Julio	0.37	18.5
Agosto	3.84	192
Septiembre	2.94	147

Tabla 5-1. Desperdicio del Cemento en Kilos durante los meses de estudio.

#### GEOTEXTIL

Mes	Desperdicio (Metros)	Desperdicio (Kilos)
Mayo	8.5	0.067
Junio	7.5	0.076
Julio	4.7	0.121
Agosto	10	0.057
Septiembre	3.6	0.158

Tabla 5-2. Desperdicio del Geotextil en Kilos durante los meses de estudio.

#### LADRILLO TOLETE

Mes	Desperdicio (Unidad)	Desperdicio (Kilos)
Junio	13	29.9
Julio	2	4.6
Agosto	11	25.3
Septiembre	38	87.4

Tabla 5-3. Desperdicio del Ladrillo Tolete en Kilos durante los meses de estudio.

#### TUBERÍAS

Mes	Desperdicio (Metros)	Desperdicio (Kilos)
Mayo	3.41	40.92
Junio	8.96	107.52
Julio	9.64	115.68
Agosto	5.5	66
Septiembre	4.9	58.8

Tabla 5-4. Desperdicio de las Tuberías en Kilos durante los meses de estudio.

#### VARILLAS

Mes	Desperdicio (Unidad)	Desperdicio (Kilos)
Mayo	14.8	213.12
Junio	31.7	456.48
Julio	89.5	1288.8
Agosto	60.15	866.16
Septiembre	48.5	698.4

Tabla 5-5. Desperdicio de las Varillas en Kilos durante los meses de estudio.

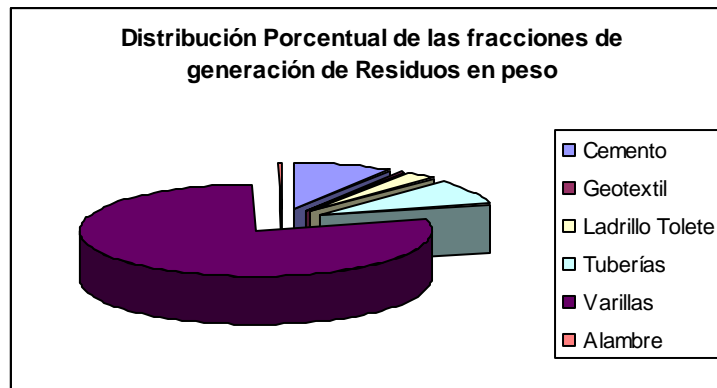
#### ALAMBRE

Mes	Desperdicio (Kilos)
Mayo	0.93
Junio	1.4
Julio	5.08
Agosto	4.64
Septiembre	3.24

Tabla 5-6. Desperdicio del alambre en Kilos durante los meses de estudio.

MATERIAL	CANTIDAD (KG)	%
Cemento	418	9.3%
Geotextil	0.48	0.0%
Ladrillo Tolete	147.2	3.3%
Tuberías	388.92	8.7%
Varillas	3522.96	78.4%
Alambre	15.29	0.3%
<b>TOTAL</b>	<b>4492.85</b>	<b>100%</b>

Tabla 5-7. Distribución porcentual de desperdicios de acuerdo al peso de cada material.



**Figura 5-1. Distribución porcentual de desperdicios de cada material de acuerdo a su peso.**

Además se procedió a evaluar la cantidad en volumen de residuos producidos en la obra durante el tiempo de estudio. Para esto se procedió a calcular la densidad de cada material de forma experimental y de esta manera con las cantidades en Kg de cada uno poder conocer los respectivos volúmenes.

La densidad se calculó de forma experimental, seleccionando un recipiente de volumen conocido, en este caso fueron cuñetes de pintura y se realizó una recogida selectiva de los residuos de los materiales considerados en el estudio, es decir cemento, tuberías, varillas, alambre, ladrillo tolete y geotextil.

Se taró el recipiente y por diferencia de peso entre el recipiente lleno y vacío se obtuvo el peso del residuo para cada material. Además, se midió la altura ocupada por el residuo en el recipiente con el fin de calcular el volumen.

$$P_r = P_{ll} - P_v$$

**Ecuación 2. Peso del Residuo**

Donde:

$P_r$  es el peso del residuo

$P_{ll}$  es el peso del recipiente lleno

$P_v$  es el peso del recipiente vacío

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times h}{4}$$

**Ecuación 3. Volumen del residuo.**

La siguiente tabla muestra los cálculos necesarios para conocer la densidad de cada material:

MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN (m3)	DENSIDAD (Kg/m3)
Cemento			1100.000
Geotextil	2.3	0.024	96.725
Ladrillo Tolete	21	0.022	935.092
Tuberías	5	0.030	168.218
Varillas	22	0.025	876.503
Alambre	28	0.024	1177.524

**Tabla 5-8. Cálculo de la densidad de cada material**

Una vez se conoció la densidad, se pudo fácilmente determinar el volumen generado de cada material por mes.

#### **C E M E N T O**

Mes	Desperdicio (Bolsas)	Desperdicio (m3)
Mayo	0.21	0.0095
Junio	1	0.0455
Julio	0.37	0.0168
Agosto	3.84	0.1745
Septiembre	2.94	0.1336

**Tabla 5-9. Desperdicio del alambre en m3 durante los meses de estudio.**

#### **G E O T E X T I L**

Mes	Desperdicio (Metros)	Desperdicio (m3)
Mayo	8.5	0.0007
Junio	7.5	0.0008
Julio	4.7	0.0013
Agosto	10	0.0006
Septiembre	3.6	0.0016

**Tabla 5-10. Desperdicio del geotextil en m3 durante los meses de estudio.**

#### **L A D R I L L O T O L E T E**

Mes	Desperdicio (Unidad)	Desperdicio (m3)
Junio	13	0.0320
Julio	2	0.0049
Agosto	11	0.0271
Septiembre	38	0.0935

**Tabla 5-11. Desperdicio del ladrillo tolete en m3 durante los meses de estudio.**



### TUBERÍAS

Mes	Desperdicio (Metros)	Desperdicio (m3)
Mayo	3.41	0.2433
Junio	8.96	0.6392
Julio	9.64	0.6877
Agosto	5.5	0.3923
Septiembre	4.9	0.3495

Tabla 5-12. Desperdicio de la tubería en m3 durante los meses de estudio.

### VARILLAS

Mes	Desperdicio (Unidad)	Desperdicio (m3)
Mayo	14.8	0.2431
Junio	31.7	0.5208
Julio	89.5	1.4704
Agosto	60.15	0.9882
Septiembre	48.5	0.7968

Tabla 5-13. Desperdicio de las varillas en m3 durante los meses de estudio.

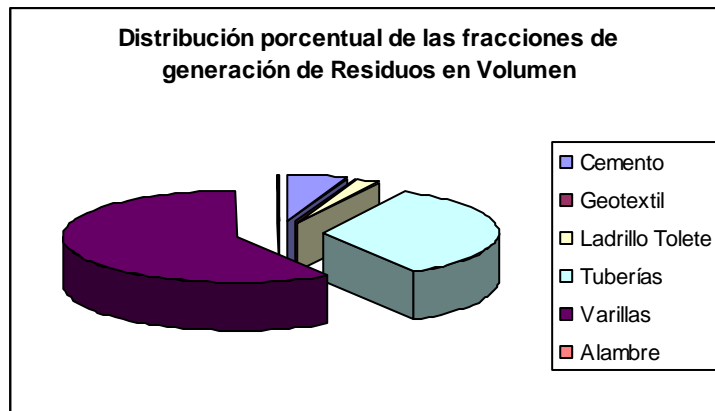
### ALAMBRE

Mes	Desperdicio (m3)
Mayo	0.0008
Junio	0.0012
Julio	0.0043
Agosto	0.0039
Septiembre	0.0028

Tabla 5-14. Desperdicio del alambres en m3 durante los meses de estudio.

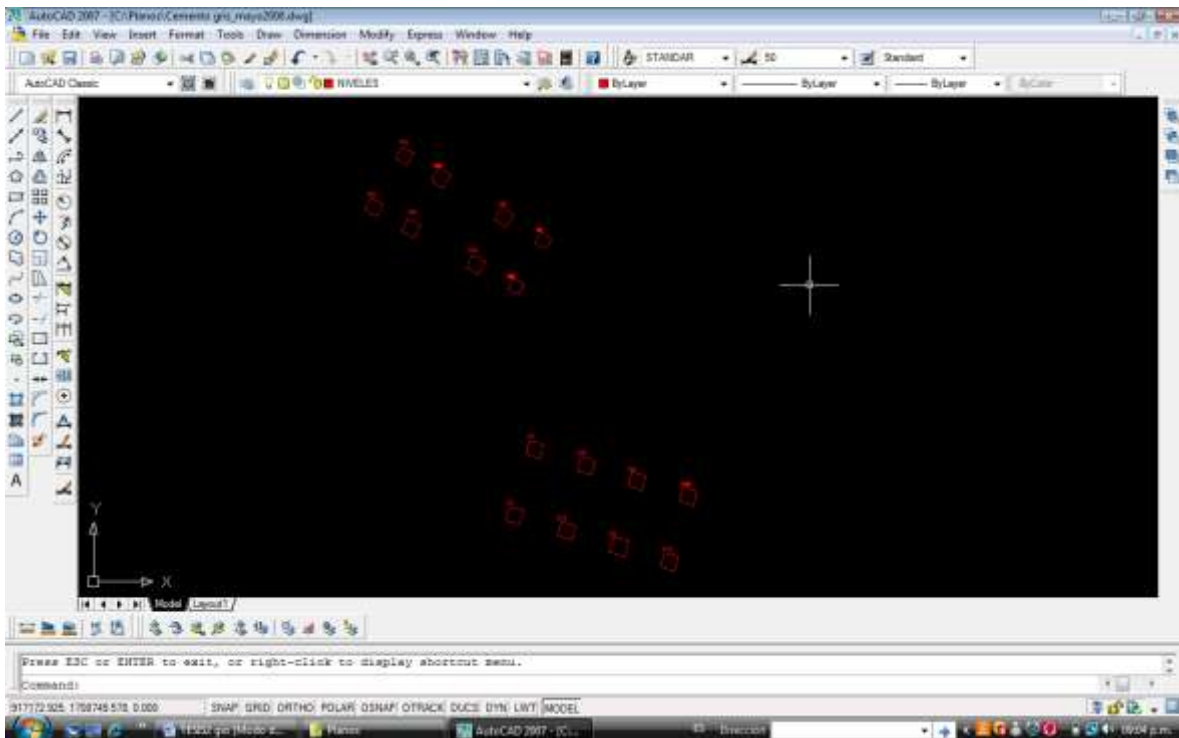
MATERIAL	CANTIDAD (M3)	%
Cemento	0.38	6%
Geotextil	0.005	0%
Ladrillo Tolete	0.157	2%
Tuberías	2.31	34%
Varillas	4.02	58%
Alambre	0.013	0%
<b>TOTAL</b>	<b>6.885</b>	<b>100%</b>

Tabla 5-15. Distribución porcentual de desperdicios de acuerdo al volumen de cada material



**Figura 5-2. Distribución porcentual de desperdicios de cada material de acuerdo a su volumen.**

Por otra parte, con la información de los materiales entrantes y salientes de la Obra para cada actividad, se procedió a utilizar el plano de Autocad de la Obra Barcelona y se fue señalando el sitio preciso en el cual fue utilizado cada material, de esta manera, se obtiene un plano por mes para cada material. Para señalar el sitio de utilización de cada material, se utilizaron figuras geométricas como los cuadrados, los círculos y los rectángulos dependiendo del elemento en el cual fueron utilizados dentro de la obra y del material. Es decir, cuando se utilizó la tubería, se representó en los planos como una línea recta, pero cuando se utilizó el cemento en los manholes por ejemplo, se representó en los planos por medio de círculos.

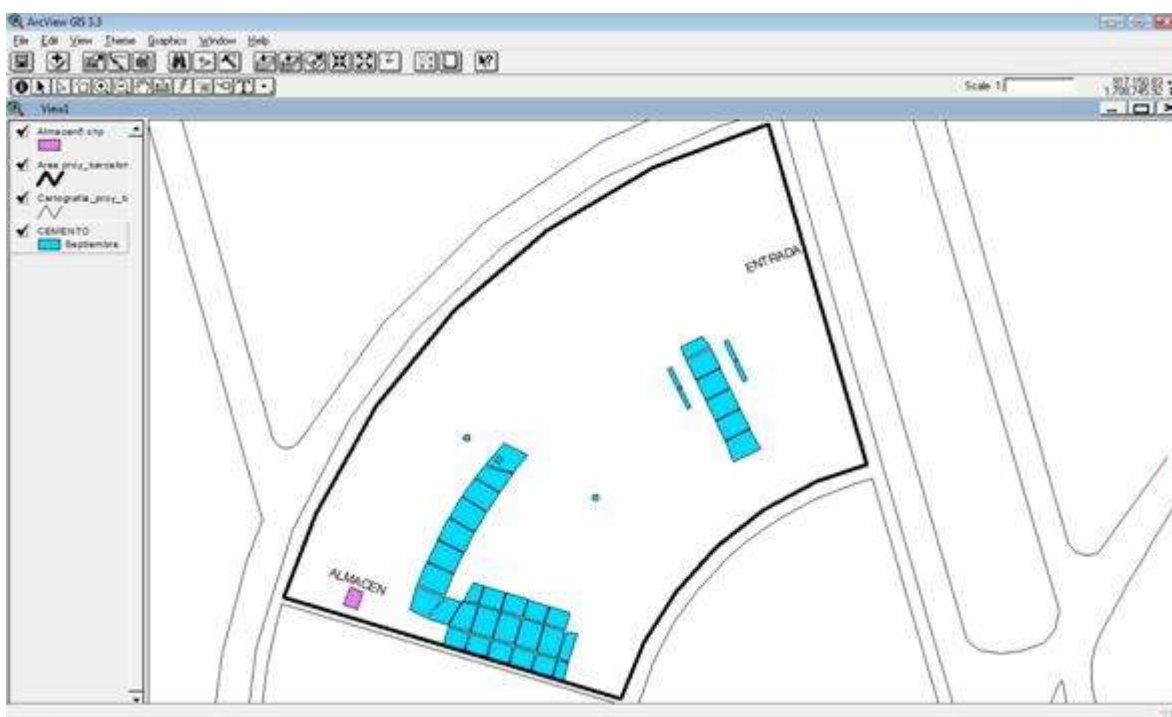


**Figura 5-3. Distribución de utilización del Cemento gris en el mes de mayo en la Obra Barcelona.**

Este primer proceso fue de mucho cuidado, ya que fue necesario verificar en Autocad, que cada elemento se encontrara debidamente cerrado por medio de una polilínea en caso de ser necesario, o de lo contrario por una línea y además verificar que líneas o polilíneas completas no se repitieran por que de lo contrario serían duplicadas en ArcView.

## 5.4 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

Cada plano generado en Autocad para cada uno de los materiales en estudio, se migró al programa ArcView GIS, para asociarle su respectiva base de datos que se encontraba en Excel.



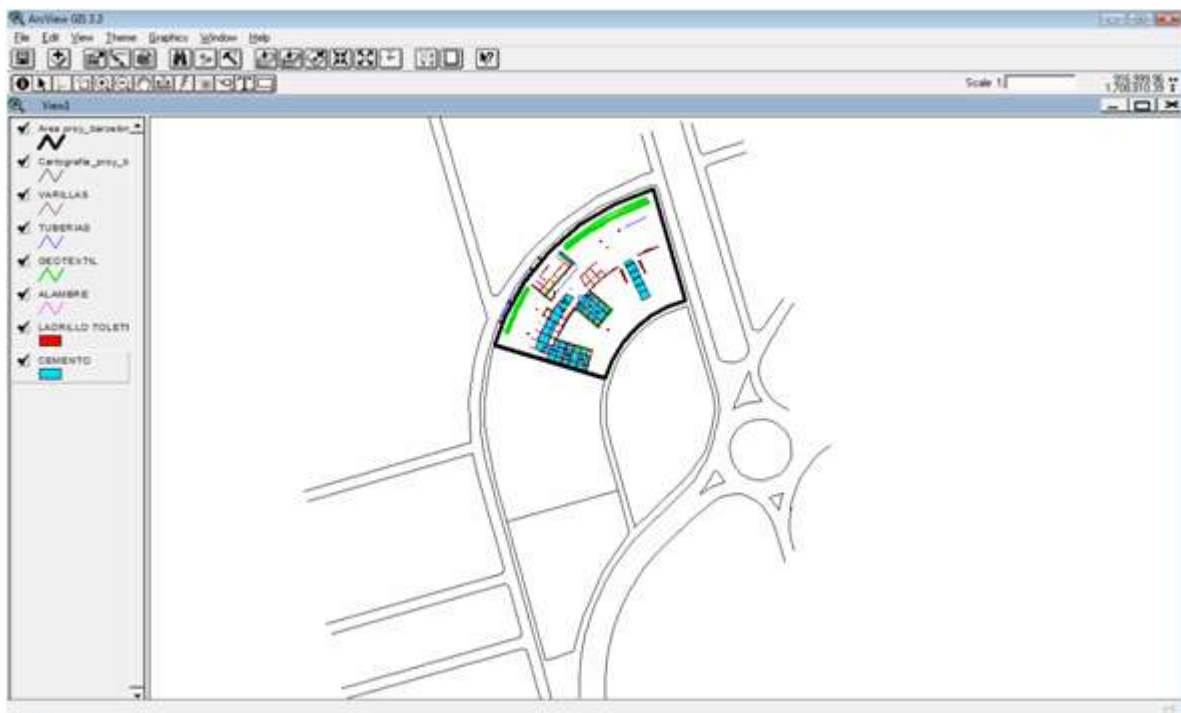
**Figura 5-4. Tema en ArcView que reúne la utilización del Cemento Gris en el mes de Mayo en la Obra Barcelona.**

Así mismo, se puede observar que cada elemento que conforma un plano, contiene una información asociada a la base de datos que podemos desplegar con un icono de gran ayuda en el software. La información contenida en la base de datos corresponde al nombre del elemento, la actividad para la cual se utilizará el material, la cantidad necesaria, la cantidad desperdiciada y la fecha de utilización.



**Figura 5-5. Base de datos asociada a cada elemento.**

También fue necesario convertir la Cartografía de localización del proyecto, de Autocad a ArcView GIS y de esta forma georeferenciar éste dentro de la ciudad de Barranquilla.



**Figura 5-6. Localización del proyecto dentro de la ciudad de Barranquilla.**



**Figura 5-7. Zoom del Proyecto Obra Barcelona.**

El almacén fue dibujado en Autocad, teniendo como referencia el lugar donde la Interventoría decidió ubicarlo de acuerdo al cronograma de actividades de la Obra, sin tener en cuenta los factores relacionados con el medio ambiente. De esta forma, lo pasamos al ArcView anexándole la base de datos que se encontraba en Excel con toda la información relacionada con las entradas y salidas de materiales por fechas a lo largo de la obra.

Una vez se tienen los planos digitalizados y emigrados en ArcView, es muy fácil empezar a manipularlos, generando temáticos para cada material discriminados por mes, cada uno diferenciado por un colores, los cuales se escogieron de acuerdo a la similitud que tienen con cada material, de tal forma que puedan ser fácilmente interpretados por cualquier persona.



Figura 5-8. Tema que reúne la utilización del Cemento Gris en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.



Figura 5-9. Tema que reúne la utilización del Ladrillo tolete en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.

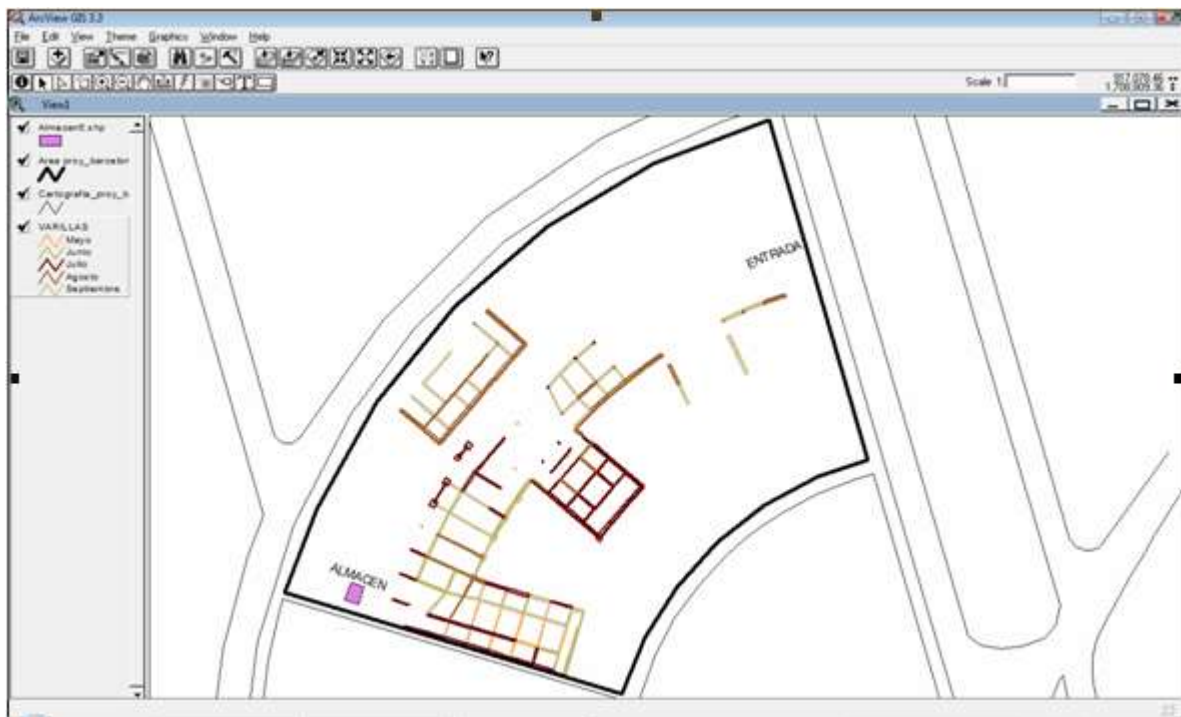




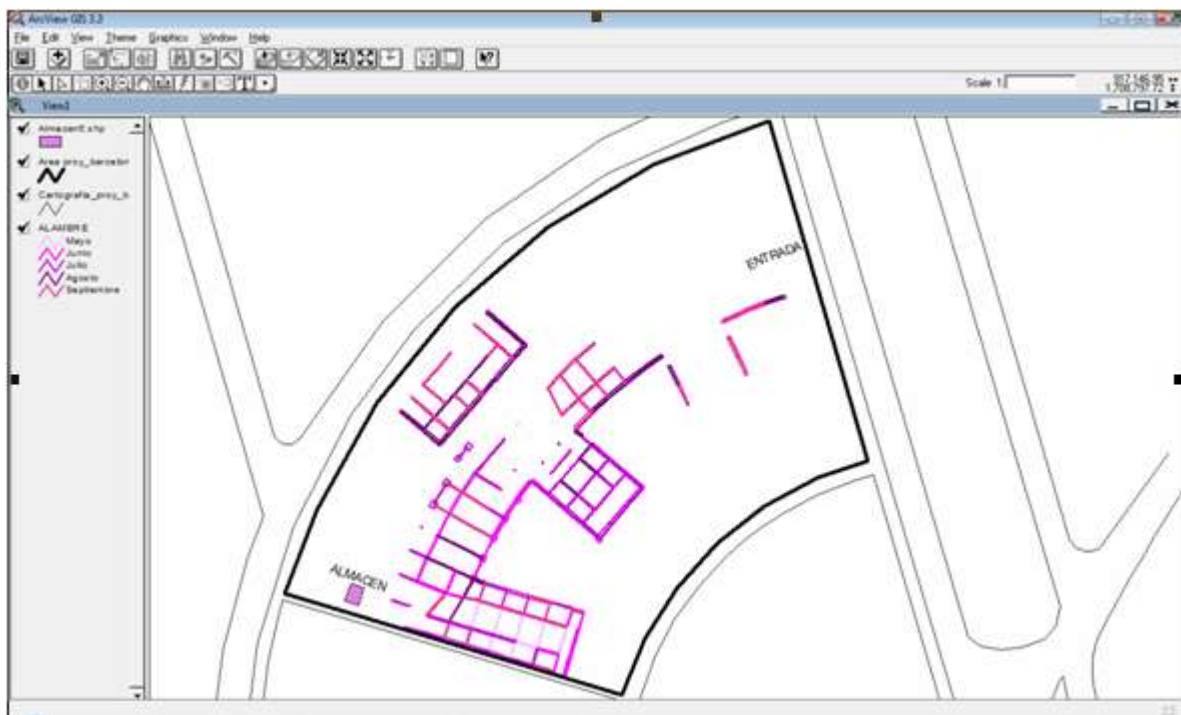
**Figura 5-10. Tema que reúne la utilización del Geotextil en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.**



**Figura 5-11. Tema que reúne la utilización de las Tuberías en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.**



**Figura 5-12. Tema que reúne la utilización de las Varillas en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.**



**Figura 5-13. Tema que reúne la utilización del Alambre en todos los meses de estudio en la Obra Barcelona.**



El análisis con el SIG, se basa en encontrar en primera instancia, un lugar para almacenar los materiales y darles un manejo adecuado, de tal forma que se produzca el menor desperdicio posible y en segunda instancia un lugar adecuado para la disposición de los escombros que inevitablemente se producen en la obra. Este análisis, se hará de forma muy particular para la obra en cuestión, pero los resultados obtenidos y las conclusiones generadas podrán ser fácilmente replicados en obras de características similares.

Con respecto al lugar designado por la Interventoría para ubicar el almacén, se observó con el desarrollo de la Obra, que su ubicación no fue estratégica teniendo en cuenta todas las actividades de la obra, ya que cuando se estaba construyendo la losa de entrepiso, los camiones que iban a descargar materiales, solo podían llegar hasta cierto lugar por las formaleas de la losa y de ahí hasta el almacén, los materiales debían ser transportados con carretillas y/o con personal que debían abandonar sus actividades para transportar los materiales, alterando el rendimiento promedio de las cuadrillas de trabajadores. De esta manera, la ubicación del almacén en determinado momento se convirtió en una desventaja y una debilidad, ya que además se producían desperdicios por el transporte de los materiales.

Por la necesidad de solucionar esta debilidad, surgió la idea de encontrar por medio de ArcView GIS, un lugar para ubicar el almacén de tal forma que siempre puedan ser descargados los materiales. Así mismo, se planteó la necesidad de encontrar un lugar adecuado, para localizar el sitio de disposición de los escombros dentro de la obra antes de ser transportados al sitio de disposición final.

Para esto, se establecieron condiciones para realizar el análisis y encontrar la ubicación del almacén y del sitio de disposición de escombros, que permitieran lograr la plena satisfacción de los objetivos trazados al iniciar la investigación. Las condiciones establecidas fueron seleccionadas de forma lógica, de acuerdo al criterio de ingeniero, de acuerdo a estudios previos, de acuerdo a encuestas realizadas y de acuerdo al cronograma de actividades a ejecutar en la obra, de tal forma que éstas no se vieran interrumpidas en ningún momento.

Para realizar la encuesta, se estableció en primera instancia la población de estudio y se determinó que debía estar conformada por ingenieros civiles, arquitectos o de profesiones afines. Sin embargo, para obtener mejores resultados o resultados mas confiables, se estableció un criterio para restringir un poco mas la población de estudio, el cual fue entrevistar solamente a aquellos arquitectos o ingenieros que hayan estado trabajando en obra por lo menos durante un año, ya sea como residentes, interventores o Directores de Obra, de tal manera que posean buenas bases para responder con claridad las preguntas.

La información que se desea obtener por medio de la encuesta, es básicamente la ubicación del almacén y del sitio de disposición de escombros, de esta manera todas las preguntas se

elaboraron o se construyeron para obtener información al respecto. Además, las preguntas se basan en lo encontrado en la literatura<sup>31</sup>:

- El sitio de disposición de materiales (almacén), debe ser ubicado por lo menos a 5 metros de la entrada para no bloquear los vehículos que entran y salen del sitio de construcción.
- Los materiales deben ser almacenados por lo menos a 5 metros de drenajes temporales para evitar que se deterioren por el agua lluvia.
- Los materiales deben ser colocados por lo menos a 2 metros de donde se está trabajando para no tomar espacio de los trabajadores y no entorpecer las actividades.
- El sitio de disposición de escombros debe estar a por lo menos 5 metros de donde se está construyendo para no quitar espacio a los trabajadores.
- Los escombros deben ubicarse por lo menos a 2 metros de los materiales de construcción y de los equipos para evitar dañarlos.
- Los escombros deben ubicarse cerca de la entrada para que sea más fácil retirarlos de la obra de construcción.

## 5.5 TEORÍA DEL MUESTREO

Para investigaciones que requieren recopilación de información secundaria, es necesario y conveniente, sustentarla mediante análisis estadístico. Generalmente pueden aplicarse dos tipos de estudio para recopilar la información, los censos y los muestreos.

En ocasiones resulta posible estudiar todas las unidades muestrales, realizándose lo que se denomina un censo, es decir, el estudio de todos los elementos que componen la población. Sin embargo, la realización de un censo no siempre es posible, por diferentes motivos:

- El estudio de todos los elementos que componen una población, sobre todo si esta es grande, suele ser un problema costoso en tiempo y dinero.
- Cuando las pruebas a las que hay que someter a los sujetos sean destructivas.
- Cuando la población sea infinita o tan grande que exceda las posibilidades del investigador.

De esta manera, en todas las ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo, lo que hacemos es trabajar con una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población y ejemplificar las características de la misma. Cuando decimos que una muestra es representativa indicamos

---

<sup>31</sup> Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Año 2006, Pag 126.

que reúne aproximadamente las características de la población que son importantes para la investigación.

En el caso particular de este estudio se realizará un muestreo, ya que la población estadística, en este caso ingenieros o arquitectos residentes durante por lo menos un año, es una población desconocida. Es decir, no se conoce a ciencia cierta, cuantas personas hacen parte de la población y se asume que es un número bastante elevado.

Sin embargo, para que los datos obtenidos en la encuesta sean significativos, es necesario calcular el tamaño de la muestra por medio de los factores que intervienen en la encuesta. De esta manera, se determina el tamaño de la muestra realizando un análisis de varianza y para esto se desarrolla una prueba piloto que permite conocer la variación entre los datos obtenidos, es decir la variación entre las respuestas a cada una de las preguntas de la encuesta.

Para la prueba piloto, se seleccionan 10 personas que cumplan con los requisitos para que las respuestas sean válidas, en este caso Ingenieros Civiles o Arquitectos con por lo menos un año de experiencia en Obra y se les realizan de forma verbal 4 preguntas claves para la correspondiente investigación. Las preguntas realizadas fueron:

1. A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el almacén de la Obra para no bloquear los vehículos que entran y salen de la obra?
2. A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el almacén para no bloquear las actividades?
3. A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el sitio de disposición de escombros para facilitar su salida de la obra?
4. A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el sitio de disposición de escombros para no bloquear las actividades?

Con la respuesta de cada persona se realizó el correspondiente análisis estadístico que incluye el cálculo de la varianza de cada dato con respecto al promedio y finalmente se desarrolló el análisis de varianza. Para esto se establecen en primera instancia dos hipótesis:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Y el estadístico de prueba para éstas es el cociente de las varianzas muestrales expresado de la siguiente manera:

$$F_0: \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Así mismo, se conoce que la Distribución de referencia apropiada para  $F_0$  es la distribución  $F$  con  $n_1 - 1$  grados de libertad en el numerador y  $n_2 - 1$  grados de libertad en el denominador. De esta manera, la hipótesis nula se rechazaría si  $F_0 > F_{\alpha/2, n_1 - 1, n_2 - 1}$ . Asumiendo un valor de  $\alpha = 0.1$  y teniendo 9 grados de libertad en el numerador e igual número en el denominador, se tiene que  $F = 3.18$ .

A continuación se presentan los cálculos obtenidos:

PREGUNTAS												
No Personas	P1	S^2	Fo	P2	S^2	Fo	P3	S^2	Fo	P4	S^2	Fo
1	6	0.11		2	0		1	0.11		7	0.04	
2	6	0.11	1	3	0.07	0.06	3	0.11	1	9	0.22	0.18
3	7	0.000		2	0		2	0		9	0.22	
4	8	0.11	0	1	0.16	0.03	1	0.11	0	6	0.28	0.77
5	8	0.11		3	0.07		2	0		8	0.02	
6	6	0.111	1	3	0.07	1	3	0.11	0	6	0.28	0.06
7	9	0.44		2	0		1	0.11		7	0.04	
8	8	0.11	4	1	0.16	0.03	1	0.11	1	9	0.22	0.18
9	6	0.11		2	0		3	0.11		6	0.28	
10	6	0.11	1	3	0.07	0.06	3	0.11	1	9	0.22	1.31
Yprom	7.00			2.2			2			7.6		

Tabla 5-16. Análisis de Varianza para prueba piloto

Con los resultados obtenidos se puede ver claramente que solo en un caso  $F_0 > F$ , sin embargo en los demás casos ocurre lo contrario por lo cual puede decirse que se acepta la hipótesis nula y se dice que no existe diferencia significativa entre las varianzas de las respuestas, asumiendo que la probabilidad de obtener respuestas muy variantes en la encuesta es muy baja.

Una vez conocido lo anterior, se procede a realizar el cálculo del tamaño de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2}$$

Donde:

$Z_{\alpha}$  = Nivel de confianza

$p$  = Probabilidad de éxito o proporción esperada

$q = 1 - p$  Probabilidad de fracaso

$d^2$  = error máximo permisible o precisión

Para este caso se asumieron los valores de:

$Z_{\alpha} = 95\%$  que corresponde a un valor de 1.96

$p = 0.9$

$q = 1 - 0.9 = 0.1$

$d^2 = 0.1$

El valor del tamaño de la muestra es de 34.57 personas.

Una vez conocido el número de personas a encuestar, se procede a buscar la muestra para realizar la encuesta. Para esto, se visitan diferentes obras y en ellas se contacta al Arquitecto o ingeniero residente, a los interventores y/o al director de la obra, siempre y cuando éstos tengan más de un año de experiencia en el sector de la construcción.

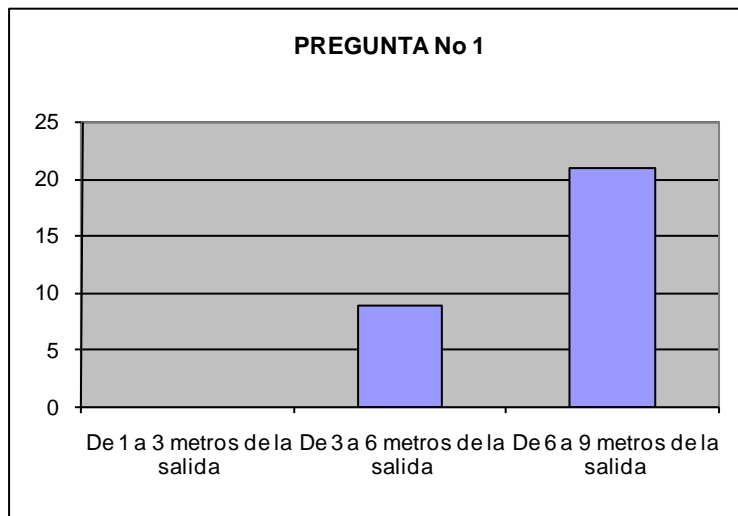
## 5.6 RESULTADO DE LA ENCUESTA

A continuación se presenta un tratamiento estadístico de los resultados de la encuesta y paralelamente se va realizando un análisis descriptivo de los mismos. En el primer caso, la tabulación de la información obtenida en las encuestas, también llamada distribución de frecuencias, se realiza por medio de tablas estadísticas que organizan y resumen los datos obtenidos. En el segundo caso, la información se presenta a través de descripciones y gráficos que permiten visualizar los resultados de la encuesta.

**PREGUNTA 1:** A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el almacén de la Obra para no bloquear los vehículos que entran y salen de la obra?

	No personas
De 1 a 3 metros de la salida	0
De 3 a 6 metros de la salida	9
De 6 a 9 metros de la salida	21

Tabla 5-17. Ubicación del Almacén con respecto a la salida.



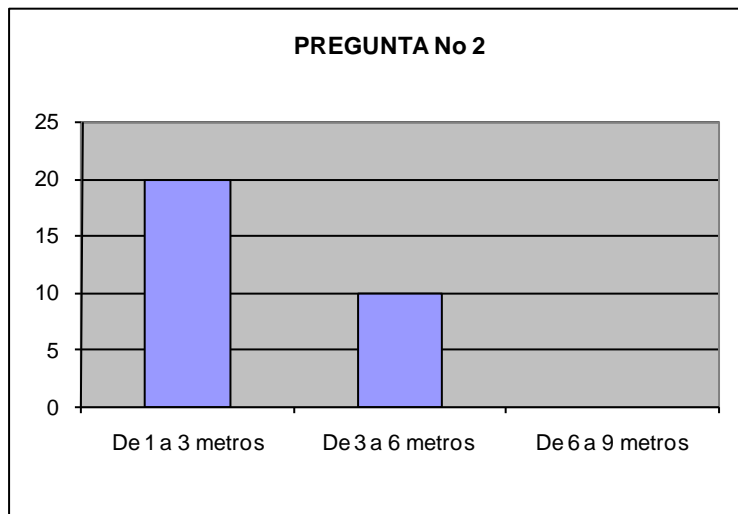
**Figura 5-14. Ubicación del Almacén con respecto a la salida.**

De la gráfica, se observa que en su mayoría, las personas opinan que el almacén debe ubicarse a una distancia comprendida entre los 6 y los 9 metros, seguidas por aquellas que opinan que podría ubicarse entre los 3 y 6 metros de la salida.

**PREGUNTA 2:** A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el almacén para no bloquear las actividades?

	No personas
De 1 a 3 metros	20
De 3 a 6 metros	10
De 6 a 9 metros	0

**Tabla 5-18. Ubicación del Almacén con respecto al lugar de construcción.**



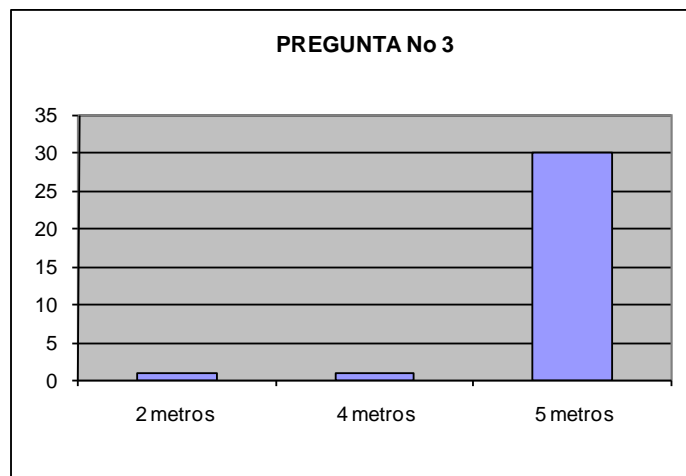
**Figura 5-15. Ubicación del Almacén con respecto al lugar de construcción.**

De las 30 personas encuestadas, 20 sugieren la ubicación del almacén opinan que el almacén debe ubicarse a una distancia comprendida entre los 6 y los 9 metros, seguidas por aquellas que opinan que podría ubicarse entre los 3 y 6 metros de la salida.

**PREGUNTA 3:** A que distancia de drenajes temporales debe ubicarse el almacén para evitar que los materiales se dañen por el contacto con el agua?

	No personas
2 metros	1
4 metros	1
5 metros	30

**Tabla 5-19. Ubicación del Almacén con respecto a drenajes temporales.**



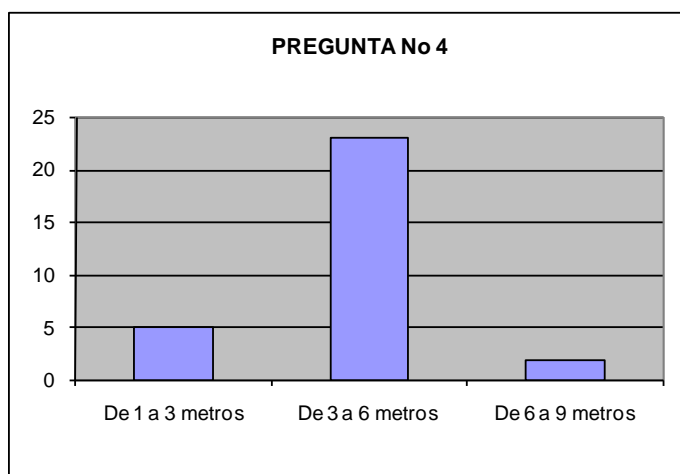
**Figura 5-16. Ubicación del Almacén con respecto a drenajes temporales.**

Como se podrá apreciar en el formato de la encuesta que se encuentra en los anexos, ésta fue una pregunta elaborada de tal forma que su respuesta fuera abierta, sin embargo, las opciones dadas por los encuestados fueron las mostradas en la ilustración, pudiéndose determinar fácilmente que predomina la ubicación del almacén a 5 metros de drenajes temporales.

**PREGUNTA 4:** A que distancia del sitio de disposición de escombros debe ubicarse el almacén?

	No personas
De 1 a 3 metros	5
De 3 a 6 metros	23
De 6 a 9 metros	2

**Tabla 5-20.** Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Ubicación del almacén.



**Figura 5-17.** Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Ubicación del almacén.

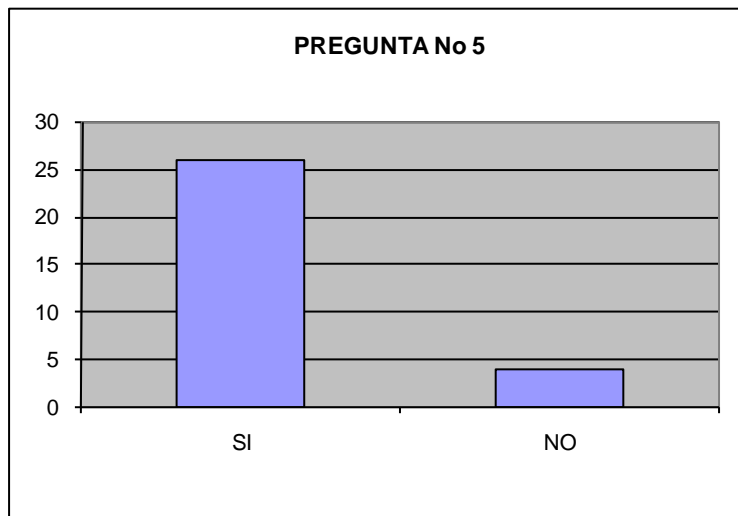
De la gráfica se observa, que la mayoría de personas encuestadas considera que el sitio de disposición de escombros debe estar ubicado en un rango de 3 a 6 metros con respecto a la ubicación del almacén. Le siguen en orden el rango de 1 a 3 metros y el de 6 a 9 metros respectivamente.

**PREGUNTA 5:** Usted considera que el almacén debe permanecer en un mismo sitio durante toda la Obra?

	No personas
SI	26
NO	4

**Tabla 5-21.** Ubicación del almacén dentro de la Obra.





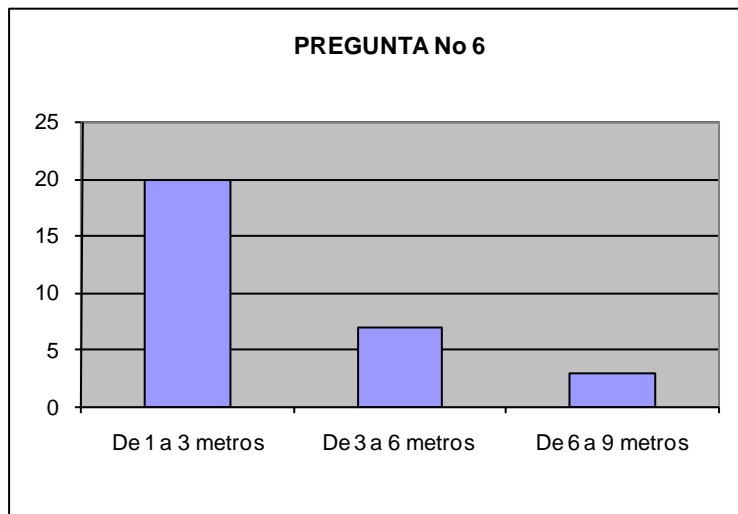
**Figura 5-18. Ubicación del almacén dentro de la Obra.**

De acuerdo a la gráfica, es evidente que la mayor parte de las personas encuestadas opinan que el almacén debe permanecer siempre en un mismo lugar. Las explicaciones dadas coinciden en el hecho en que desde el principio se debe ubicar el almacén en un sitio estratégico de tal forma que no necesite moverse con el fin de ahorrar los costos de movilidad en cuanto a materiales y mano de obra en los cuales se incurriría para llevar a cabo la actividad.

**PREGUNTA 6:** A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el sitio de disposición de escombros para facilitar su salida de la obra?

	No personas
De 1 a 3 metros	20
De 3 a 6 metros	7
De 6 a 9 metros	3

**Tabla 5-22. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Salida de la Obra.**



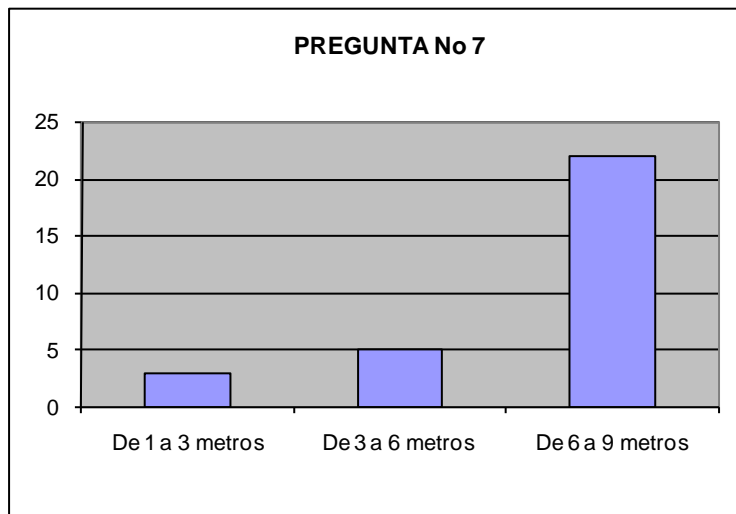
**Figura 5-19. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto a la Salida de la Obra.**

El 67% de los encuestados coincidió en ubicar el sitio de disposición de escombros muy cercano a la salida, mas aproximadamente entre los primeros 3 metros para facilitar el cargue y la salida de lo escombros. Mientras tanto el 23% sugiere que se ubique entre los 3 y los 6 metros y sólo el 10% entre los 6 y 9 metros de la salida.

**PREGUNTA 7:** A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el sitio de disposición de escombros para no bloquear las actividades?

	No personas
De 1 a 3 metros	3
De 3 a 6 metros	5
De 6 a 9 metros	22

**Tabla 5-23. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto al lugar de construcción.**



**Figura 5-20. Ubicación del Sitio de disposición de escombros con respecto al lugar de construcción.**

De la gráfica se observa, que la ubicación mas apropiada para el sitio de disposición de escombros según la opinión de los expertos, es a una distancia superior a los 6 metros de donde se encuentran los obreros trabajando. Le siguen las respuestas de los expertos a partir de los 3 metros y por ultimo a partir del primer metro de construcción.

**PREGUNTA 8:** Que problemas pueden generarse en la obra por la acumulación de los escombros durante mucho tiempo?

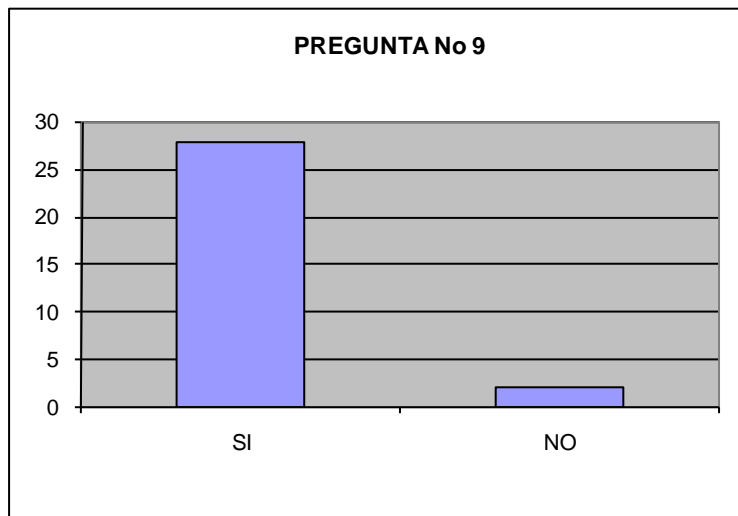
Esta fue una pregunta generada de tal forma que los expertos pudieran emitir sus opiniones de una manera abierta. Sus comentarios mas comunes sobre los problemas que pueden presentarse en las obras por la acumulación de escombros, se reúnen en los siguientes aspectos:

- Obstrucción de las vías de acceso a la obra.
- Accidentes laborales.
- Emisión de partículas al aire.
- Aumento en el nivel de ruido por la utilización de maquinarias y volquetas para la evacuación de los escombros.

**PREGUNTA 9:** Usted considera que el sitio de disposición de escombros debe permanecer en un mismo sitio durante toda la Obra?

	No personas
SI	28
NO	2

**Tabla 5-24. Ubicación del Sitio de disposición de escombros dentro de la Obra.**



**Figura 5-21. Ubicación del Sitio de disposición de escombros dentro de la Obra.**

Claramente se puede observar por la gráfica, que el sitio de disposición de escombros debe ubicarse desde el principio de la obra en un sitio estratégico y permanecer siempre en el mismo lugar, ya que la concientización de los trabajadores es una tarea bastante dura y al cambiar el sitio de disposición de escombros constantemente los trabajadores pueden encontrarse desubicados y entorpecer de esta manera el plan de gestión de los escombros dentro de la obra.

# **CAPÍTULO 6**

## 6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Todos los cálculos efectuados permiten obtener con facilidad dos Índices de generación de residuos<sup>32</sup>, que son de gran utilidad tanto para la empresa o constructor generador de los residuos, como para la empresa encargada de controlar su gestión.

Estos índices se calculan dividiendo el peso (Tabla 9.) y el volumen (Tabla 17) de cada material residual por el área de la superficie construída la cual se halló con base en los planos de Autocad generados para el análisis con el SIG. A continuación se calculan y obtienen los correspondientes índices para la Obra Barcelona.

MATERIAL	CANTIDAD (KG)	Ic (kg/m2)
Cemento	418	1.073
Geotextil	0.48	0.008
Ladrillo Tolete	147.2	4.2
Tuberías	388.92	3.54
Varillas	3522.96	9.94
Alambre	15.29	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>4492.85</b>	<b>18.79</b>

Tabla 6-1. Índice de generación Ic por categoría de residuos.

MATERIAL	CANTIDAD (M3)	Iv (m3/m2)
Cemento	0.38	0.0010
Geotextil	0.005	8.7E-05
Ladrillo Tolete	0.157	0.0045
Tuberías	2.31	0.0211
Varillas	4.02	0.0113
Alambre	0.013	2.6E-05
<b>TOTAL</b>	<b>6.885</b>	<b>0.0380</b>

Tabla 6-2. Índice de generación Iv por categoría de residuos.

Las tablas anteriores muestran para cada categoría de residuos un índice de generación Ic, en función del peso, y otro Iv, en función del volumen. Estos índices se utilizan para obtener cifras de generación en otras obras de características similares y para llevar un control de los residuos en la misma obra y poder evaluar temporalmente la generación de residuos.

Estos índices son de gran utilidad para elaborar el plan de gestión interna de los residuos así como también los planes de gestión externa. Es así, como cada uno de éstos índices tiene

---

<sup>32</sup> Idem 18

una aplicación para la empresa generadora de residuos y otra aplicación para la empresa encargada de la disposición de los mismos.

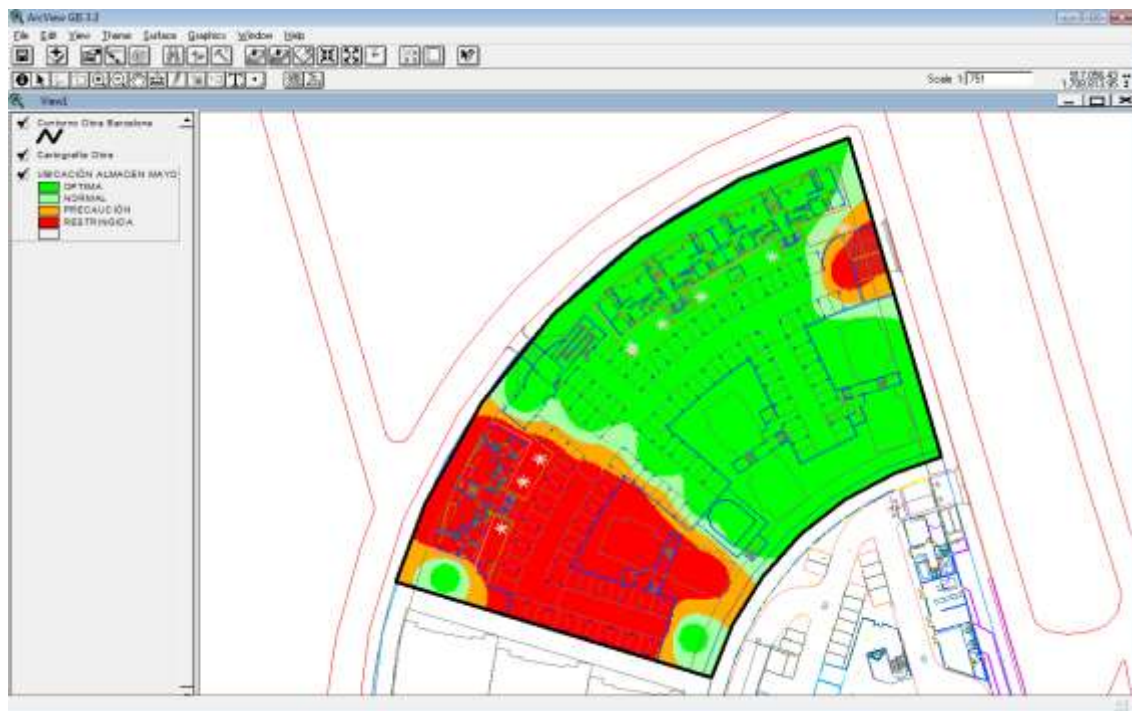
El índice de generación  $I_c$ , sirve para determinar el costo de vertido para la empresa generadora en el caso de vertederos controlados y para determinar la fianza para la empresa encargada de la disposición, de tal forma que se pueda asegurar la correcta disposición de los residuos.

El índice de generación  $I_v$ , sirve para que la empresa generadora pueda determinar la cantidad y tipo de contenedores y el costo del transporte, mientras que para la empresa que los gestiona, sirve para calcular la capacidad del vertedero.

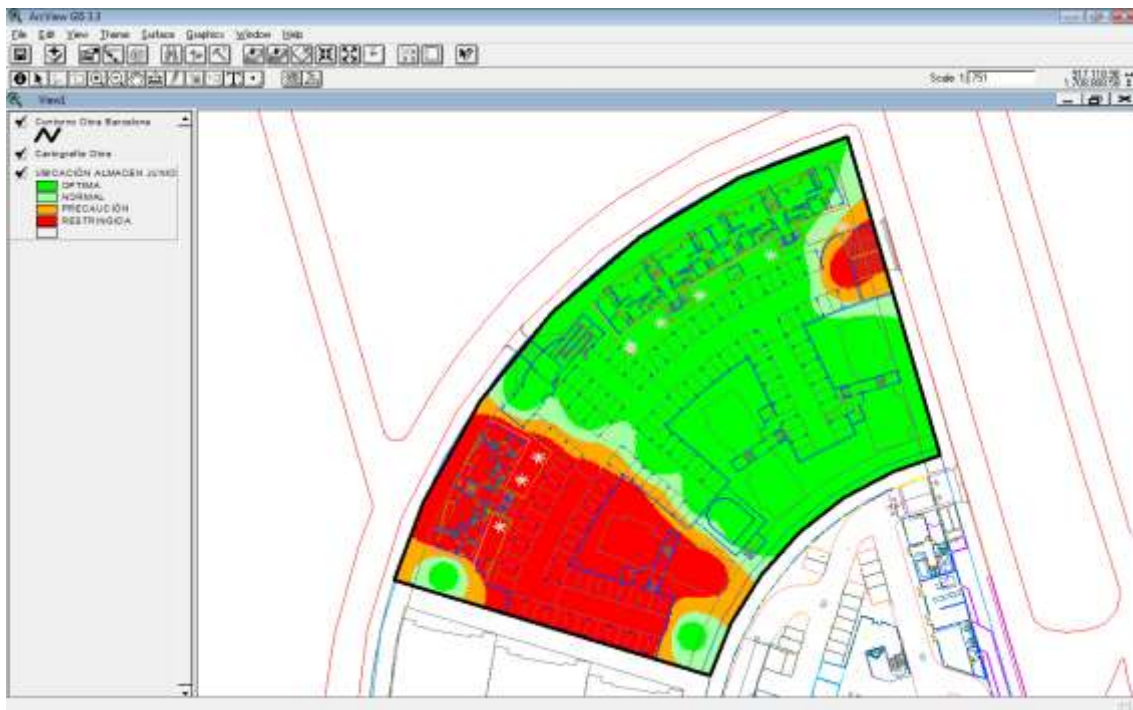
Con respecto al análisis realizado por medio del SIG, se tomaron los resultados de las encuestas y la información de la revisión bibliográfica y se generaron superficies para ubicar así el lugar mas adecuado para el almacén y el sitio de disposición de escombros.

La principal condición, para encontrar el mejor lugar de ubicación del almacén, fue que éste estuviera ubicado entre 6 y 9 metros alejado de la entrada para que no se bloqueara la entrada y salida de vehículos en ningún momento. Además, se estableció como condición que los materiales debían ser ubicados a una distancia de por lo menos 3 metros y no menor a 1 metro de los sitios donde se iba a construir para no retrasar las actividades.

Con estas condiciones se generaron las siguientes superficies que ilustran los sitios permitidos para ubicar el almacén:

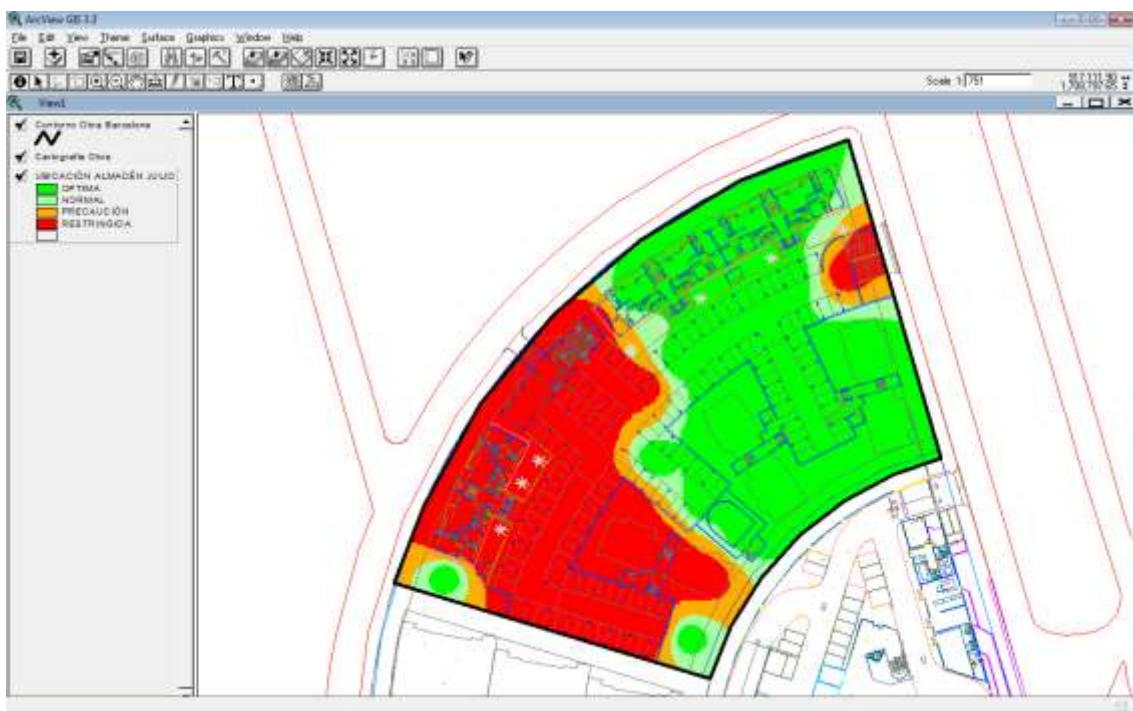


**Figura 6-1. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Mayo.**



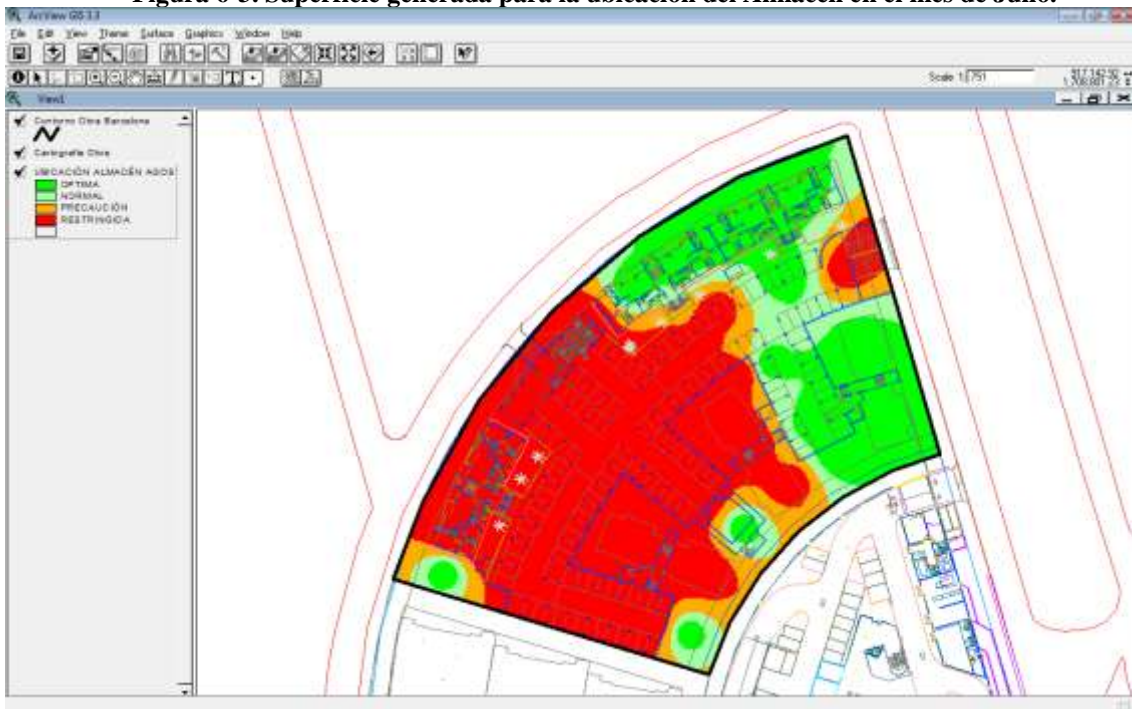
**Figura 6-2. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Junio.**

Como se puede observar, las superficies generadas para el mes de Mayo y el mes de Junio son iguales lo cual se debe a que durante estos dos meses se trabajo en las mismas zonas.

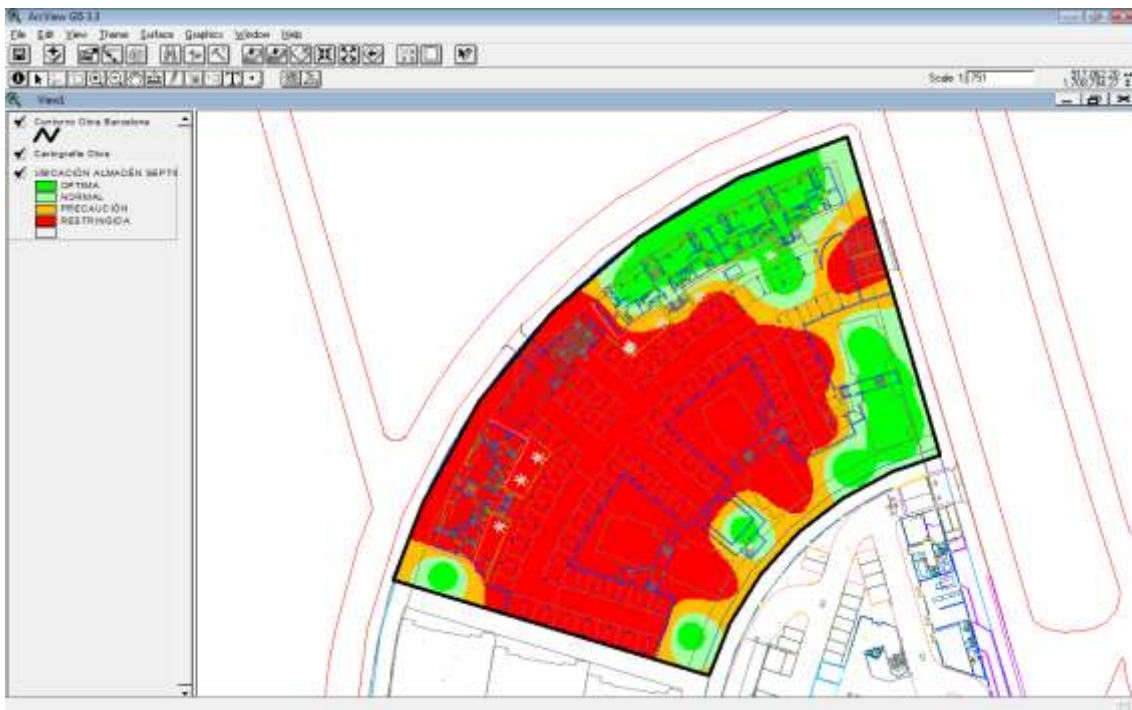




**Figura 6-3. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Julio.**



**Figura 6-4. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Agosto.**



**Figura 6-5. Superficie generada para la ubicación del Almacén en el mes de Septiembre.**

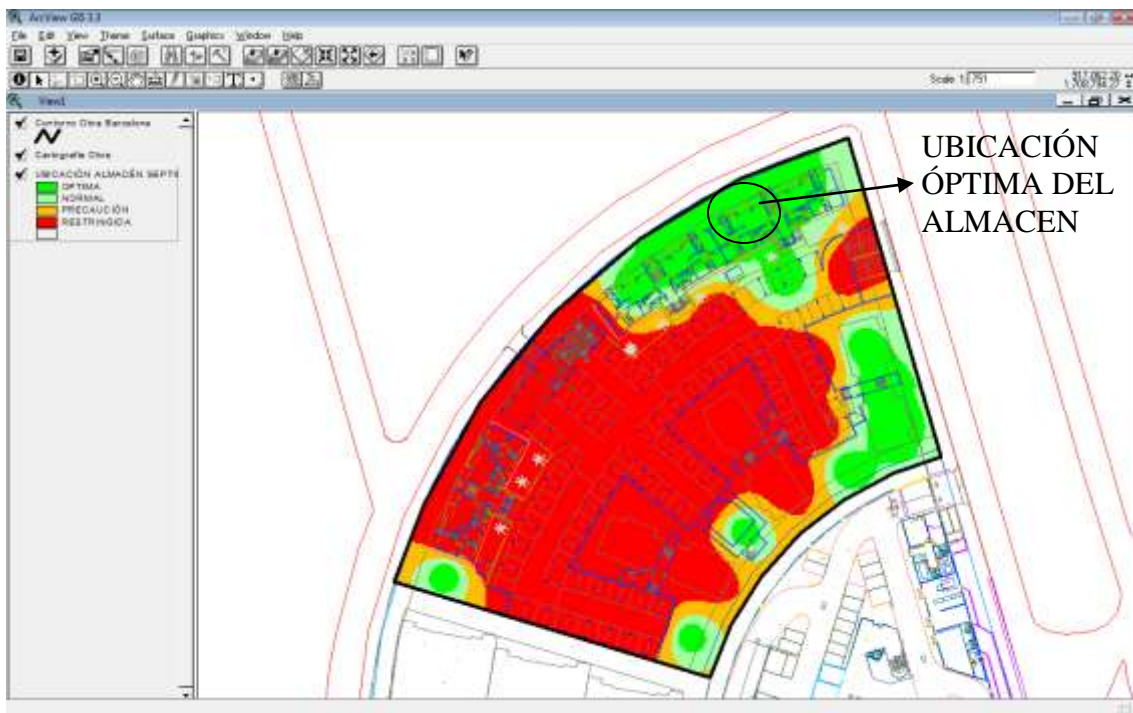
Al generar la superficie correspondiente al mes de Septiembre, vemos que a comparación con el mes de Mayo se han reducido bastante las zonas adecuadas para la ubicación del almacén dentro de la obra, que de acuerdo con las convenciones establecidas corresponden a las zonas de color verde.

Como se puede observar en las superficies, existen dos zonas adecuadas para la ubicación del almacén que son comunes en todos los meses, lo cual nos permite concluir que si el almacén se ubica en cualquiera de estas zonas puede permanecer ahí durante todo el desarrollo del proyecto. Sin embargo, debido a que estas zonas se encuentran al final de la obra, no es conveniente ubicar el almacén en estos sitios, ya que para descargar los materiales los vehículos tendrían que entrar y recorrer toda la obra lo cual puede atrasar ciertas actividades y causar accidentes de trabajo.

Además, es un parqueadero de 2 niveles y la ubicación del almacén al final de la obra representa un problema cuando se comienza a trabajar en la losa de entrepiso ya que por la formaleta de la estructura (gatos y cerchas), los vehículos no podrán entrar a descargar los materiales y tendrán que dejarlos en zonas retiradas del almacén y luego será necesario transportarlos de esas zonas al almacén, representando esta situación algunos inconvenientes en cuanto a gastos por el pago de jornales a los trabajadores que realicen la actividad y en cuanto a retrasos de las actividades propias de la obra.

Al seguir analizando las superficies, se pueden observar zonas adecuadas para ubicar el almacén por la calle de la entrada a la obra, sin embargo, al hacer las visitas a la obra se pudo notar que esta es una calle con una pendiente muy elevada lo cual nos lleva a pensar que en las épocas de lluvia el agua correrá rápidamente pudiendo entrar en el almacén y dañar aquellos materiales que no puedan tener contacto con el agua.

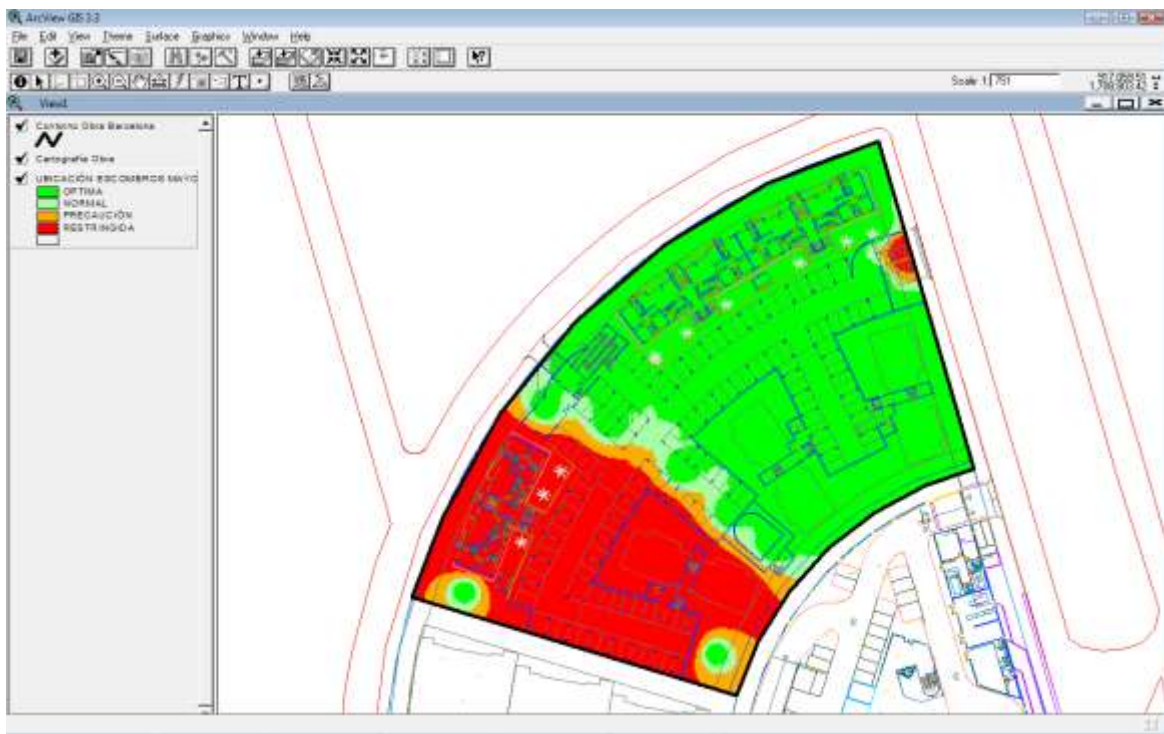
Por último, evaluando nuevamente el cronograma de actividades del proyecto, se nota que las dos últimas torres en realizar son la Torre A y la Torre B las cuales se comienzan a construir cuando ya se haya finalizado la construcción de la zona de parqueaderos. Por esta razón, consideramos que lo mas conveniente es ubicar en el almacén en el lugar que muestra la siguiente figura, ya que además los materiales podrían ser descargados por cualquier de las dos calles que delimitan el proyecto.



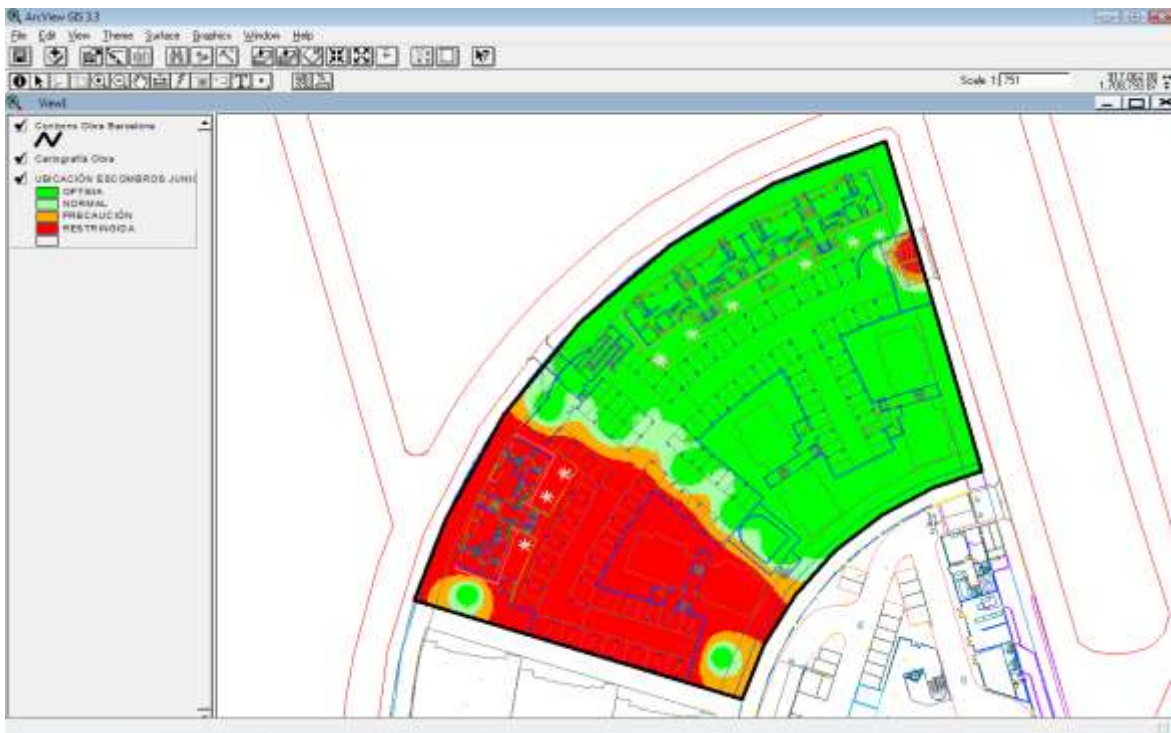
**Figura 6-6. Localización óptima del Almacén.**

Con respecto al sitio de disposición de escombros, se estableció, que podía ser ubicado a partir de un metro de la entrada para facilitar de esta manera su retiro de la obra. Con respecto al sitio de construcción, se estableció que los escombros no podían ser ubicados sino a nueve metros de la construcción para evitar accidentes de los trabajadores, problemas de salud por las partículas en suspensión y retrasos en las actividades.

Con estas condiciones se realizaron las superficies que se presentan a continuación para cada uno de los meses en estudio:

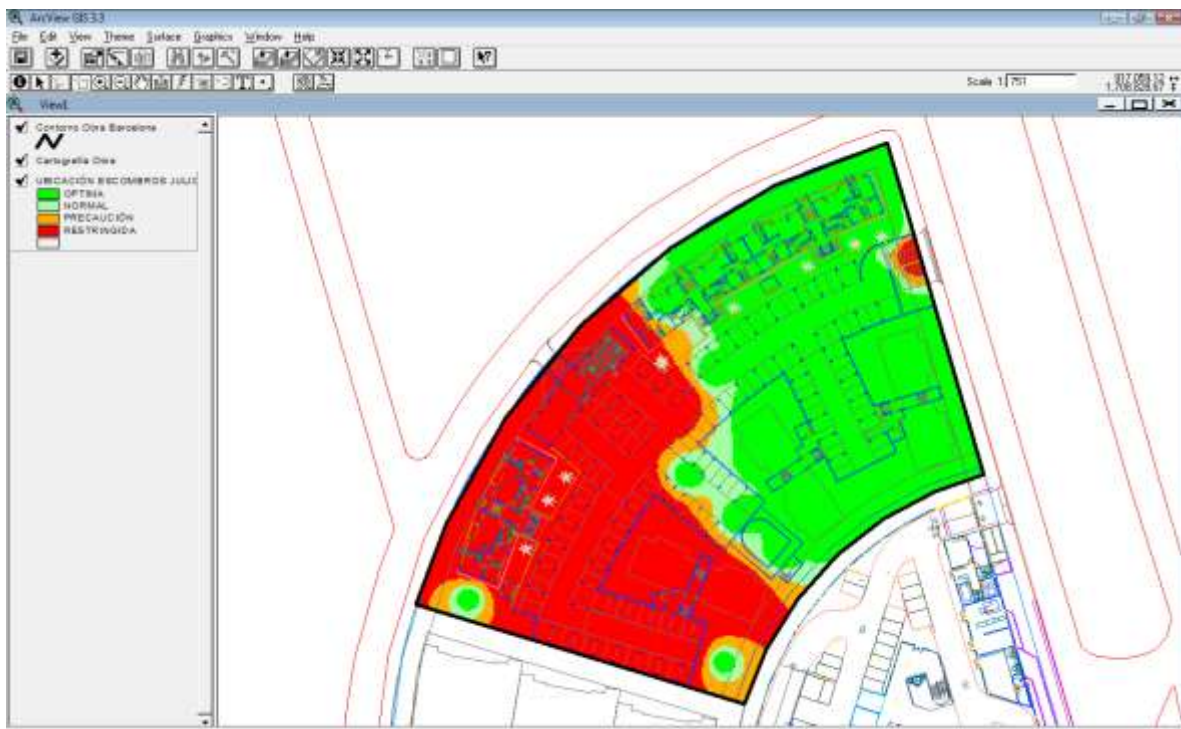


**Figura 6-7. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Mayo.**

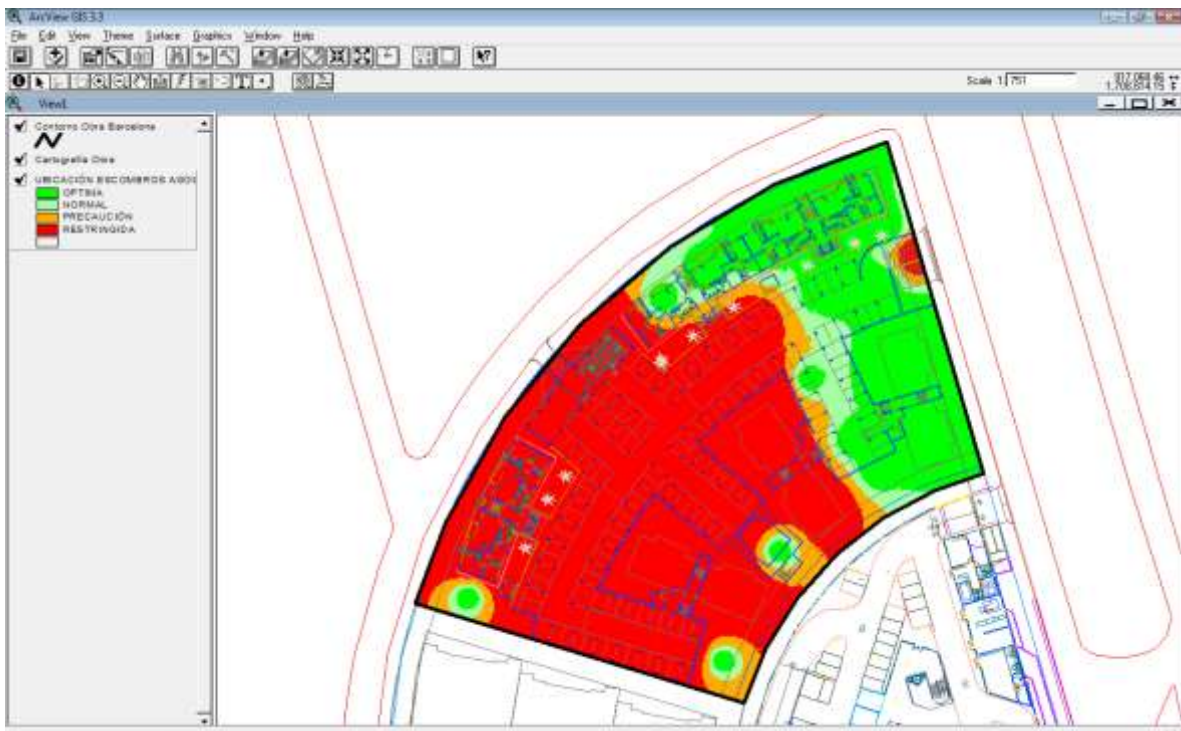


**Figura 6-8. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Junio.**





**Figura 6-9. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Julio.**



**Figura 6-10. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Agosto.**

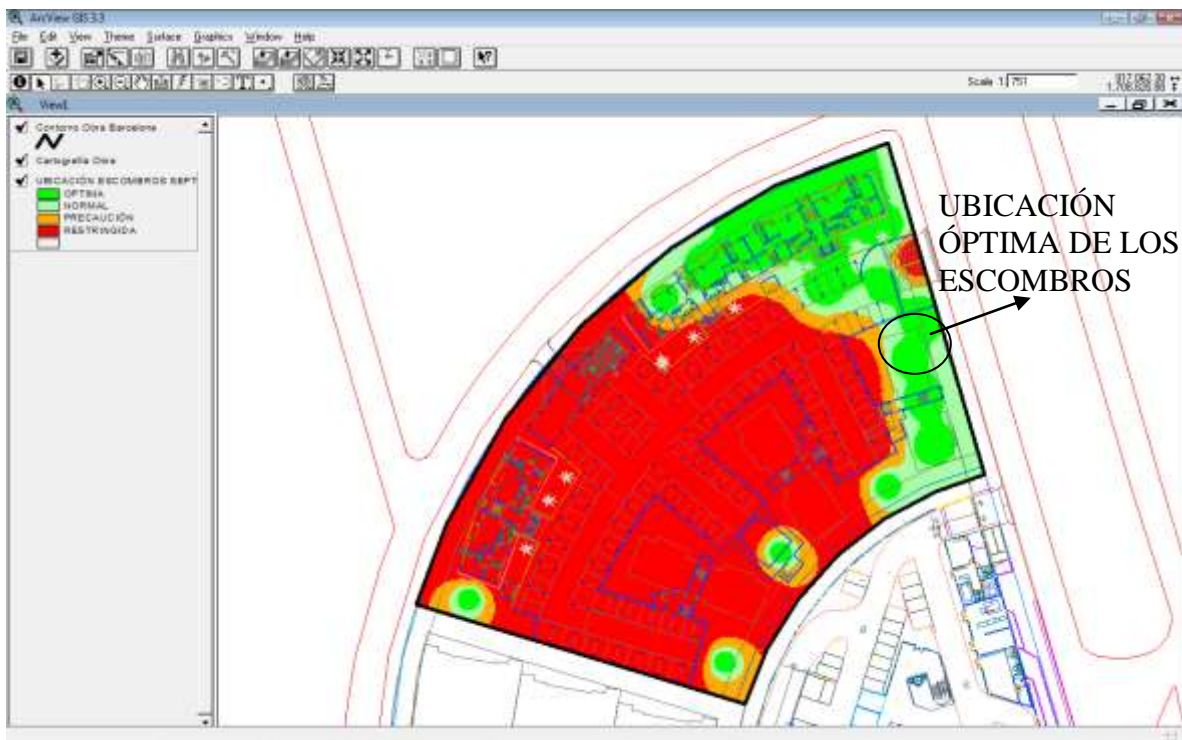


**Figura 6-11. Superficie generada para la ubicación del sitio de disposición de escombros en el mes de Septiembre.**

Con la ubicación del sitio de disposición de escombros de la obra, suceden cosas similares con las superficies generadas para la localización del almacén. Las zonas comunes en todas las superficies para la ubicación del almacén se mantienen en las superficies para la localización del sitio de disposición de escombros. Pero tampoco se considera conveniente ubicar los escombros en estas zonas porque se encuentran al final de la Obra y los vehículos tendrían que entrar a cargar el material y luego salir de la obra recorriéndola completamente corriendo el riesgo de que ocurran accidentes los trabajadores o problemas de salud por la dispersión de partículas.

De esta manera, la principal razón para la ubicación del sitio de disposición de escombros es cerca de la entrada del tal forma que el cargue y el retiro no perturben las demás actividades. Así, los escombros podrían ubicarse cerca del sitio escogido para el almacén pero para respetar la condición establecida por medio de la consulta a los expertos de que deben estar separados entre 3 y 6 metros.

Sin embargo para evitar cualquier otra circunstancia que pueda presentarse, se recomienda ubicar los escombros del lado contrario al almacén como lo muestra la siguiente figura:



**Figura 6-12. Localización óptima del sitio de disposición de escombros.**

## **6.1 METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

Las propuestas que se establecerán a continuación buscan ser una herramienta que permita a todas las personas involucradas en la actividad de la construcción, tener en cuenta factores medioambientales en la ejecución de sus actividades mediante el control y la gestión de los residuos generados.

Para que el manejo de los residuos en la obra pueda realizarse de forma correcta, es necesario que todas las personas que participan en la construcción, desde los obreros hasta el director de la obra, conozcan y fomenten las acciones de reducir, reutilizar y reciclar, dirigiendo todas sus acciones hacia el principal objetivo que es la gestión ambientalmente adecuada de los escombros. No siempre será posible aplicar las 3 acciones al tiempo, ni desde el punto de vista técnico y ni desde el punto de vista ambiental. Cada caso se evaluará en particular y se aplicarán las que mas se ajusten.

Debe tenerse siempre presente, que no se trata de poner en práctica medidas sumamente complejas, sino simplemente es suficiente aplicar el sentido común y mantener el deseo de realizar las medidas que éste nos indica.

Para esto, será necesario que realizar campañas de sensibilización y orientación a todo el personal de la obra con respecto a los temas medioambientales y a la importancia de disponer correctamente los residuos.

Así mismo, para poder estructurar correctamente las acciones a realizar para dar un manejo adecuado a los residuos de construcción y demolición es necesario elaborar un plan de gestión de residuos para cada construcción en particular.

### **6.1.1 Propuesta para la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición para la Obra Barcelona**

El Plan Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, es un programa secuencial establecido por la empresa constructora para dar el manejo adecuado a los residuos producidos internamente como consecuencia de sus actividades. Es un proceso, donde la mayor responsabilidad la tiene la empresa constructora, pero para mejorar la gestión de los residuos debe pensar en incluir en el proceso a los proveedores y a las entidades responsables de recolección, disposición y valorización de los residuos de construcción a nivel local.

La gestión integral deberá estructurarse bajo un sistema de **gestión interna** (generación, clasificación, recolección, transporte interno y almacenamiento), cuya responsabilidad será de parte de la empresa constructora y bajo un sistema de **gestión externa** (recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final), que será de responsabilidad compartida entre la empresa constructora y la empresa encargada de disponer los residuos. Sin embargo, en este caso, sólo nos preocuparemos por establecer el plan de gestión interna.

El objetivo principal del plan de Gestión de los Residuos es racionalizar y optimizar la gestión de los residuos de construcción y demolición para minimizar la producción y proteger el medio ambiente. La consecución de este objetivo principal se logra con el cumplimiento de ciertos objetivos particulares e importantes como son:

- Disminución del volumen de residuos generados en la Obra.
- Evaluación de los residuos en cada etapa de la Obra.
- Determinación de la cantidad de contenedores y maquinaria, así como los costos y las operaciones necesarias para la gestión de los residuos.
- Evaluar la gestión externa y los posibles mercados involucrados.

Los pasos que debe incluir el plan de gestión se relacionan a continuación:

1. **Cuantificación de los Residuos de Construcción y demolición:** En este paso, deberá conocerse la cantidad y el tipo de los residuos que se generan en cada etapa de la construcción y en cada actividad. Esto con el fin de organizar el manejo que se le dará a los residuos y optimizarlo.



Es muy importante establecer las cantidades además por áreas para así determinar la necesidad de establecer contenedores por áreas o uno sólo dependiendo además de los volúmenes generados.

Para esto, lo más conveniente sería trabajar con los datos generados en la obra, para lo cual es necesario que las empresas comiencen a estudiar sus residuos e ir generando sus bases de datos. Mientras tanto, puede trabajarse con datos obtenidos por otras empresas o investigaciones, teniendo en cuenta las diferencias que se pueden presentar entre una obra y otra, por los sistemas constructivos, por los materiales utilizados, etc.

2. **Clasificación de los residuos de Construcción y Demolición:** Una vez conocidas las cantidades y los tipos de residuos generados se procede a clasificarlos en contenedores identificados para evitar confusiones. Se debe ser lo más preciso posible, con los contenedores para evitar llenar la obra de ellos, solo deben estar los necesarios dependiendo de los tipos que se generan.

Para este paso, es muy importante que todos los trabajadores de la obra conozcan los diferentes tipos de residuos que se generan, para que puedan disponerlos en los contenedores correspondientes. En este caso puede ser de vital importancia el desarrollo de jornadas de capacitación, para informar a todas las actividades de gestión de residuos que piensa realizar la empresa y para que colaboren correctamente en la tarea.

Además, se debe dejar claro si todos participarán en la clasificación o si se designarán una persona o un grupo de personas que se encarguen. Lo más conveniente, sería designar una persona capacitada que se encargue de recoger los residuos que se generan en cada zona de la obra y disponerlos en los lugares adecuados, con lo cual no se corre el riesgo de depositar los residuos en contenedores equivocados.

Aunque aquí se establece el almacenamiento mediante una clasificación selectiva de los residuos, debe tenerse en cuenta que esto no siempre es posible y conveniente dependiendo de las superficies de construcción y de los volúmenes generados.

3. **Ubicación del sitio de disposición de los residuos de Construcción y Demolición:** Se debe seleccionar un lugar donde puedan ser fácilmente almacenados los residuos, donde puedan acceder las máquinas y los vehículos para facilitar su recogida y al mismo tiempo puedan ser fácilmente retirados de la obra.

Lo ideal es mantener todos los residuos en un mismo sitio, ya que es muy riesgoso almacenarlos en toda la obra por que puede ser causa de accidente. De esta manera, se deben almacenar, dentro de lo posible, todos los residuos en el mismo lugar evitando movimientos innecesarios que entorpecen la marcha de la obra y la gestión eficaz de los mismos.

Se debe tener presente que lo mas conveniente es que los residuos permanezcan dentro de la obra el menor tiempo posible y que en caso de ser necesario deben ser cubiertos para evitar la emisión de partículas al aire.

El sitio definido para la ubicación de los escombros debe basarse en el cronograma de la obra para evitar moverlo constantemente y pueden utilizarse herramientas tecnológicas como se realizó en esta investigación con la ayuda del SIG

Como acciones complementarias a este plan, deben realizarse reuniones constantes con el personal de la obra, para recordarles el interés por reducir los recursos utilizados y el volumen de residuos generados. Además, desde el principio de implantación del plan de gestión deben establecerse metas de reducción que deben irse verificando periódicamente con el fin de ver si el plan esta permitiendo cumplir las metas trazadas o si es necesario realizar algunas modificaciones.

# **CAPÍTULO 7**

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Definitivamente, se pudo comprobar a lo largo de la investigación que el manejo de los residuos de construcción y demolición, desde el momento de su generación hasta su destino final producen una gran cantidad de impactos ambientales que deben ser controlados con el fin de minimizar su efecto sobre el medio ambiente. La problemática fundamental de estos residuos es su gran peso y volumen, en consecuencia las dificultades en cada etapa de la gestión.

De esta manera, la importancia de la presente investigación se centra fundamentalmente, en que esta se enfoca en crear una conciencia de control ambiental en las empresas del sector de la construcción, para que presten mas atención al tipo y a la cantidad de residuos que están generando de tal manera que puedan causar el menor impacto al medio ambiente.

Con todo esto, se quiere incentivar en primera instancia a las organizaciones medioambientales, a que establezcan leyes y normativas más rigurosas con respecto al control de los residuos producidos por las actividades del sector de la construcción y en segunda instancia, a todas las compañías constructoras para realicen antes de comenzar sus obras un plan de gestión de residuos y que mantengan siempre la voluntad de cumplirlo de la misma forma como debe cumplirse un cronograma de actividades.

Con el estudio realizado, se logró conocer el estado actual del Sector Ambiental de la Construcción en Colombia. Se pudo observar el atraso que presenta el país con respecto a la implantación de leyes medioambientales para el control de los residuos generados en el sector de la Construcción.

El atraso en relación con otros países que ya se han preocupado por establecer medidas en este aspecto, es total. En este caso, las diferencias económicas y sociales que existen entre los países desarrollados y aquellos que sólo están en vías de desarrollo, son determinantes para la prioridad e importancia que a estos residuos se les da actualmente.

Con respecto al manejo interno de los residuos en las construcciones, juega un papel fundamental el hecho de que éstas se manejan bajo un criterio consumista, donde lo más importante es cumplir con los plazos estipulados para la entrega de las obras, dejando a un lado los problemas medioambientales que se generan diariamente producto de las actividades.

El funcionamiento actual del sector de la construcción hace muy difícil que los operarios, las empresas subcontratistas y los propios responsables de la empresa constructora lleven a cabo tareas medioambientales si no se establecen ciertos incentivos económicos o imposiciones legislativas importantes. Sin embargo, las empresas deberían saber que tienen

muchas razones y beneficios, para gestionar adecuadamente los residuos de construcción y demolición.

En cuanto a los costos, actualmente es muy poco o nada lo que se paga por la disposición de los residuos, pero debe tenerse en cuenta que esta situación no será siempre y el establecimiento de nuevas condiciones para la operación de los vertederos controlados, hará que la disposición de los residuos en ellos sea cada día más costosa. De esta manera, si se empieza a practicar el principio de las 3 R's desde la fuente, se disminuirá notablemente el volumen de residuos a disponer en vertederos controlados lo cual conlleva a un menor pago. Además, se tendrían ahorros adicionales al no tener que pagar por el transporte de ciertos residuos a los vertederos.

En cuanto a la eficiencia de la obra, son notables los beneficios ya que cuando existen muchos residuos en la obra, se entorpece la circulación de los trabajadores y de los vehículos, además se impide la visualización de las actividades ya terminadas. Así mismo, brindar un manejo adecuado a los residuos, permite que la empresa alcance una posición sólida en el mercado al ser preferida entre otras por la cualidad de la gestión de los residuos y la protección del medio ambiente.

Por todas estas razones, se hace necesario crear en las empresas del sector una preocupación y una conciencia para que los que planifican y ejecutan los proyectos incluyan criterios de minimización en cada una de sus actividades, siendo necesario para esto la creación de programas de divulgación y concientización para cada uno de los trabajadores del tal forma que todos trabajen en conjunto en la minimización de los residuos.

La metodología descrita y el plan de gestión de residuos de construcción deben convertirse en una herramienta no sólo de consulta sino también de implantación de las acciones principales para la gestión eficaz de los residuos. En estos momentos es fundamental, por los volúmenes que se generan, implantar por lo menos la separación selectiva de los residuos en contenedores ya sea para reutilizarlos o darles alguna valorización y que el estado por intermedio de las entidades medioambientales comiencen a generar bases de datos que permitan obtener índices de generación ya sea de peso o de volumen como los calculados en el capítulo anterior y que sean aplicables a distintos tipos de obras y de actividad.

Como se explicó anteriormente, los indicadores de peso y volumen revisten una enorme importancia, ya que son pieza clave en la medición de la generación de los residuos y las empresas podrían utilizar los resultados para medir los rendimientos obtenidos en cuanto a la gestión de los residuos y evaluar así, el grado de consecución de los objetivos. Estos indicadores no deben asumirse como la simple aplicación de fórmulas matemáticas, sino que por el contrario deben considerarse como herramientas que permitirán mejorar el desarrollo de la construcción en todas sus etapas, visualizando los resultados y los comportamientos en las diferentes etapas de la construcción de una Obra.

En cuanto a la utilización de los Sistemas de Información geográfica, se pudo comprobar los variados campos de aplicación con los que cuenta, sin embargo en este caso sólo se utilizó para encontrar la ubicación del almacén y del sitio de disposición de escombros. También, se pretende motivar a las empresas del sector, a la utilización de nuevas tecnologías que permitan agilizar los procesos, manejar grandes volúmenes de información y facilitar la realización de las tareas, permitiendo que los trabajadores puedan dedicar más tiempo a buscar soluciones a problemas, crear y aplicar ideas para el crecimiento y mejoramiento de la compañía, logrando así ventajas competitivas.

La aplicación de los SIG en este caso, sirvió para determinar la ubicación más óptima para el almacén y el sitio de disposición de escombros, sin embargo siempre será de suma importancia la experiencia del constructor y las necesidad que se establezcan para obtener la mejor ubicación de estas dos zonas, ya que su ubicación depende en gran medida la eficiencia de la obra.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Por todos los problemas medioambientales que nos aquejan hoy en día, se hace necesario que las empresas del sector de la construcción empiecen a tomar medidas para controlar los residuos que generan y que no esperen a que las autoridades medioambientales establezcan medidas en cuanto a esto, porque podría ser muy tarde para el medio ambiente, ya que la Construcción y los residuos generados en ella no han sido controlados hasta ahora.

Es importante, que dichas medidas estén implantadas bajo el Plan de Gestión de Residuos de Construcción y demolición que arranca al mismo tiempo con la obra y que día a día se vele por su cumplimiento. Además, que se capacite e informe a todo el personal sobre los asuntos medioambientales y sobre las medidas implantadas para la obra en particular y en caso de ser necesario establecer incentivos económicos para que todos participen correctamente en el proceso.

A partir de lo anterior, también se recomienda la asignación de un equipo capacitado para dirigir el plan de gestión que se quiere implantar y que sea capaz de interpretar la información que se desprende de los indicadores y que de igual forma pueda identificar las posibles causas y efectos de los resultados obtenidos en caso de no estar cumpliendo con los objetivos de reducción y minimización.

# **CAPÍTULO 8**

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Glinka, María E; Vedoya, Daniel E; Pilar de Salazar, Claudia A. *Reducción del Impacto ambiental a partir de estrategias de Reciclaje y Reutilización de residuos sólidos provenientes de la demolición de edificios*. Universidad Nacional del Nordeste, 2005, Pág 4.
- Natalini, Mario B; Klees, Delia R; Tirner, Jirina. *Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición*. Departamento de Estabilidad. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Nordeste, 2000, Pág. 5.
- *Definición y algunas aplicaciones de los Sistemas de Información geográfica*. [en línea] <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>. Consulta: 3 de Noviembre de 2007.
- Gutiérrez Puebla, Javier. *Sistemas de Información Geográfica: Funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul*. Revista Internacional de Desarrollo Local, Año 2000, Vol 1, No 1, Pág 8.
- *Sistemas de Información Geográfica*. [en línea] <http://expgrafica.uma.es/Profesores/www-jrad/document/gis/sig.pdf>. Consulta: 2 de noviembre de 2007.
- Teck Wing, Desmond Yip. *The application of Mapinfo in managing material and waste at construction sites*. Faculty of civil Engineering. Tesis de Maestría. Universiti Teknologi Malaysia, Mayo 2006, Pág 126.
- Heng Li, Zhen Chen, Liang Yong y Stephen Kong. *Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency*. Automation in Construction, Año 2005, Vol 14, Pág 323-331.
- Gilpin Robinson y Katherine Kapo. *A GIS analysis of suitability for construction aggregate recycling sites using regional transportation network and population density features*. Resources, Conservation and Recycling, Año 2004, Vol 42, Pág 351-365.
- Armesto Gonzalez, Julia; Gil Decampo, M Luz y Cañas Guerrero, Ignacio. *The application of new technologies in construction: Inventory and characterisation of rural constructions using the Ikonos satellite image*. Building and environment, Año 2006, Vol 41, Pág 174 – 183.
- V.K. Bansal y M. Pal. *GIS based projects information system for construction management*. Building and Housing, Año 2006, Vol 7 No 2, Pág 115-224.



- Samton, Gruzen. *Construction & Demolition Waste Manual*. Department of Design and Construction City of New York. Año 2003. Pág 28.
- Alvira, Mary Isabel. *La responsabilidad ambiental de las empresas en Colombia*. Instituto de estudios Ambientales, Universidad nacional de Colombia, Año 2006.
- *Reciclado de materiales de construcción*. [en línea] <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>. Consulta: 27 de Noviembre de 2007.

# **CAPÍTULO 9**

## 9 ANEXOS

### 9.1 FORMATO DE ENCUESTA

1. A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el almacén de la Obra para no bloquear los vehículos que entran y salen de la obra?
  - De 1 a 3 metros de la salida.
  - De 3 a 6 metros de la salida.
  - De 6 a 9 metros de la salida.
2. A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el almacén para no bloquear las actividades?
  - De 1 a 3 metros.
  - De 3 a 6 metros.
  - De 6 a 9 metros.
3. A que distancia de drenajes temporales debe ubicarse el almacén para evitar que los materiales se dañen por el contacto con el agua?
4. A que distancia del sitio de disposición de escombros debe ubicarse el almacén?
  - De 1 a 3 metros.
  - De 3 a 6 metros.
  - De 6 a 9 metros.
5. Usted considera que el almacén debe permanecer en un mismo sitio durante toda la Obra?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
Porque? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. A que distancia de la salida considera que debe ubicarse el sitio de disposición de escombros para facilitar su salida de la obra?
  - De 1 a 3 metros.
  - De 3 a 6 metros.
  - De 6 a 9 metros.
7. A que distancia del sitio donde se construye o trabaja debe localizarse el sitio de disposición de escombros para no bloquear las actividades?
  - De 1 a 3 metros.

- De 3 a 6 metros.
- De 6 a 9 metros.

8. Cual es el tiempo conveniente para mantener los escombros dentro de la obra sin causar problemas?

- Menos de un día
- Un día
- Mas de un día

9. Que problemas pueden generarse en la obras por la acumulación de los escombros durante mucho tiempo?

10. Usted considera que el sitio de disposición de escombros debe permanecer en un mismo sitio durante toda la Obra?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Porque? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11. Que criterios sugiere tener en cuenta para la ubicación del almacén y del sitio de disposición de escombros dentro de la obra?

## 9.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DURACIÓN(DÍAS)	COMIENZO	FIN
Replanteo general	22	30/01/2007	24/02/2007
<b>TORRE F</b>			
Corte terraza bloque F	5	08/02/2007	14/02/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque F	7	15/02/2007	23/02/2007
Relleno Torre F	4	24/02/2007	01/03/2007
Pilotaje Torre F	20	27/02/2007	22/03/2007
Cimentación Torre F	15	13/03/2007	30/03/2007
Estructura Torre F	32	31/03/2007	08/05/2007
Acabados Torre F	72	24/04/2007	17/07/2007
<b>TORRE C</b>			
Corte terraza bloque C	8	15/02/2007	24/02/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque C	9	25/02/2007	08/03/2007
Relleno Torre C	4	09/03/2007	14/03/2007
Pilotaje Torre C	20	23/03/2007	15/04/2007
Cimentación Torre C	15	06/04/2007	24/04/2007
Estructura Torre C	32	25/04/2007	01/06/2007
Acabados Torre C	72	17/05/2007	10/08/2007
<b>TORRE E</b>			
Corte terraza bloque E	8	27/02/2007	08/03/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque E	9	08/03/2007	18/03/2007
Relleno Torre E	4	20/03/2007	24/03/2007
Pilotaje Torre E	20	17/04/2007	10/05/2007
Cimentación Torre E	15	01/05/2007	17/05/2007
Estructura Torre E	32	18/05/2007	26/06/2007
Acabados Torre E	72	12/06/2007	04/09/2007
<b>TORRE D</b>			
Corte terraza bloque D	8	09/03/2007	16/03/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque D	9	17/03/2007	28/03/2007
Relleno Torre D	4	29/03/2007	03/04/2007
Pilotaje Torre D	20	11/05/2007	03/06/2007
Cimentación Torre D	15	25/05/2007	12/06/2007
Estructura Torre D	32	13/06/2007	21/07/2007
Acabados Torre D	72	06/07/2007	29/09/2007

ACTIVIDAD	DURACIÓN(DÍAS)	COMIENZO	FIN
<b>TORRE B</b>			
Corte terraza bloque B	8	17/03/2007	27/03/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque B	9	28/03/2007	07/04/2007
Relleno Torre B	4	10/04/2007	14/04/2007
Pilotaje Torre B	20	05/06/2007	28/06/2007
Cimentación Torre B	15	19/06/2007	06/07/2007
Estructura Torre B	32	07/07/2007	14/08/2007
Acabados Torre B	72	31/07/2007	23/10/2007
<b>TORRE A</b>			
Corte terraza bloque A	8	28/03/2007	06/04/2007
Instalación Tubería Hidrosanitaria Bloque A	9	07/04/2007	18/04/2007
Relleno Torre A	4	19/04/2007	24/04/2007
Pilotaje Torre A	20	28/06/2007	21/07/2007
Cimentación Torre A	15	11/07/2007	29/07/2007
Estructura Torre A	32	31/07/2007	06/09/2007
Acabados Torre A	72	23/08/2007	15/11/2007
<b>PARQUEADERO BARCELONA</b>			
<b>ZONA 1</b>	62	02/05/2007	13/07/2007
Corte Parqueadero Zona 1	4	02/05/2007	07/05/2007
Relleno en material seleccionado	4	08/05/2007	12/05/2007
Instalación de tubería Hidrosanitaria y Pluvial	5	14/05/2007	19/05/2007
<b>Estructura Zona de parqueadero Torre F (Ejes 23-34;P'-G)</b>			
Muro contencion (Eje P'31-34 )	6	15/05/2007	22/05/2007
Muro contencion (Eje 31 P' -I )	6	18/05/2007	25/05/2007
Muro contencion (Eje 34 P' -G )	8	22/05/2007	31/05/2007
Muro de contención (Eje I 23-31)	6	22/05/2007	29/05/2007
Construcción vigas de cimentacion	15	22/05/2007	08/06/2007
Construcción de columnas	15	29/05/2007	15/06/2007
Construcción vigas superiores y placa	20	11/06/2007	04/07/2007
Acabados Zona 1 Parqueaderos (Pintura y Señalización)	20	22/06/2007	13/07/2007
<b>ZONA 2</b>	78	08/05/2007	09/08/2007
Corte Parqueadero Zona 2	4	08/05/2007	12/05/2007
Relleno material seleccionado	4	14/05/2007	18/05/2007
Instalación de tubería Hidrosanitaria y Pluvial	5	22/05/2007	28/05/2007

ACTIVIDAD	DURACIÓN(DIAS)	COMIENZO	FIN
<b>Estructura zona parqueadero Torre E-F (Ejes 23-7;O'-F)</b>			
Muro de contencion (O'-14-23)	4	16/07/2007	21/07/2007
Muro de Contencion (Eje 23-O'-I)	5	16/07/2007	23/07/2007
Muro de Contencion (Eje 14-O'-I)	5	16/07/2007	23/07/2007
Muro de Contencion (Eje I-14-7)	7	16/07/2007	25/07/2007
Construcción vigas de cimentación	15	21/07/2007	08/08/2007
Construcción de columnas	15	25/07/2007	11/07/2007
Construcción vigas Superiores y placa	20	06/07/2007	31/07/2007
Acabados Zona 2 Parqueaderos (Pintura y Señalización)	20	16/07/2007	09/08/2007
<b>ZONA 3</b>		14/05/2007	15/09/2007
Corte Parqueadero Zona 3	4	14/05/2007	18/05/2007
Relleno material seleccionado	4	19/05/2007	24/05/2007
Instalación de tubería Hidrosanitaria y Pluvial	5	25/05/2007	31/05/2007
<b>Estructura Zona parqueadero Torre D-E (Ejes 7-1';N'-F)</b>			
Muro contencion (Eje 7; I-N')	6	01/08/2007	08/08/2007
Muro contencion (Eje 3; I-N')	6	01/08/2007	08/08/2007
Muro contencion (Eje N'; 3-7)	5	01/08/2007	07/08/2007
Muro contencion (Eje I; 3-1')	5	01/08/2007	07/08/2007
Muro contencion (Eje 1'; I-G')	3	01/08/2007	04/08/2007
Construcción vigas de cimentación	13	08/08/2007	23/08/2007
Construcción de columnas	13	20/08/2007	04/09/2007
Construcción vigas superiores y placa	17	29/08/2007	18/09/2007
Acabados Zona 3 Parqueaderos (Pintura y Señalización)	17	27/08/2007	15/09/2007
<b>ZONA COMÚN</b>		21/05/2007	17/10/2007
Corte Parqueadero Zona Común	2	21/05/2007	23/05/2007
Relleno material seleccionado	2	24/05/2007	26/05/2007
Instalación de tubería Hidrosanitaria y Pluvial	3	28/05/2007	31/05/2007
<b>Estructura Zona parqueadero Torre D-E (Ejes 12-26;A-E)</b>			
Muro contención (Eje 12; A-E)	5	19/09/2007	25/09/2007
Muro contención (Eje E; 12-26)	9	19/09/2007	29/09/2007
Muro contención (Eje 26; A-E)	5	19/09/2007	25/09/2007
Muro (Eje B; 12-14)	3	26/09/2007	29/09/2007
Muro (Eje B; 24-26)	3	26/09/2007	29/09/2007
Construcción vigas de cimentación	7	26/09/2007	04/10/2007
Construcción de columnas	7	26/09/2007	04/10/2007
Construcción vigas superiores y placa	10	01/10/2007	12/10/2007
Acabados Zona Común Parqueaderos	10	05/10/2007	17/10/2007